

Permafrost und seine Auswirkungen auf die Ökologie von Hochgebirgsseen

Berta Thaler¹, Danilo Tait¹, Monica Tolotti²

¹ Biologisches Labor, Umweltagentur, Unterbergstraße 2, I-39055 Leifers

² IASMA Research and Innovation Centre, E. Mach Foundation,
Via E. Mach 1, I-38010 San Michele all'Adige

Zusammenfassung

Im Rahmen des Interreg IV Italien-Österreich Projekts „permaqua“ wurden die Auswirkungen von abschmelzendem Permafrost, insbesondere von Blockgletschern, auf die Ökologie von Hochgebirgsseen untersucht. 15 der in der Studie erfassten Seen waren in unterschiedlichem Ausmaß von Blockgletschern beeinflusst, 18 Seen waren unbeeinflusst und dienten als Referenz. Die chemisch-physikalischen und die biologischen Untersuchungen wurden jeweils einmal im Spätsommer oder Herbst durchgeführt. Alle von Blockgletschern beeinflussten Seen wiesen einen erhöhten Ionengehalt auf, insbesondere konnten hohe Sulfat-, Magnesium- und Kalziumkonzentrationen beobachtet werden. Blockgletscherbeeinflusste Seen mit pH-Werten im sauren Bereich waren außerdem durch einen hohen Gehalt an Schwermetallen gekennzeichnet. Diese chemischen Veränderungen wirkten sich zum Teil auch auf die Lebewelt aus. Während für die Zusammensetzung des Phytoplanktons und des Phytobenthos vor allem pH-Wert und Nährstoffverhältnisse bestimmend waren und bezüglich des Zooplanktons aufgrund einer zu geringen Ausbeute keine Aussage möglich war, ergaben sich bei der Uferfauna Unterschiede zwischen Seen mit und Seen ohne Blockgletschereinfluss. Das Makrozoobenthos des Ufers der unbeeinflussten Seen war im Durchschnitt artenreicher und gleichmäßiger verteilt als das der blockgletscherbeeinflussten Seen. Die höhere Diversität war

auf das Auftreten von EPT-Taxa (Ephemeroptera-Eintagsfliegen, Plecoptera-Steinfliegen, Trichoptera-Köcherfliegen) und anderer empfindlicher Arten zurückzuführen. Neben der Verringerung der Artenvielfalt in Seen mit Blockgletschereinfluss wurde auch eine unterschiedliche Zusammensetzung der Chironomiden-Gemeinschaften festgestellt. In den Seen mit Blockgletschereinfluss konnte vor allem das Vorherrschen von unempfindlichen Arten beobachtet werden. Auch die Zusammensetzung des Meiozoobenthos wies Unterschiede zwischen Seen mit und ohne Blockgletschereinfluss auf und war ebenfalls durch das Vorherrschen von Arten mit einer breiten ökologischen Valenz gekennzeichnet. Möglicherweise rufen indirekte Einflüsse des hohen Sulfatgehalts und andere Substanzen, die in den Blockgletscherabflüssen enthalten sind, Umweltbedingungen hervor, die unempfindlichen Arten einen Konkurrenzvorteil gegenüber anderen, empfindlicheren, Arten verschaffen. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass abschmelzende Blockgletscher zu starken Veränderungen der Chemie von Hochgebirgsseen führen, die sich auch auf die Lebewelt auswirken und möglicherweise Änderungen der Funktionsweise dieser Ökosysteme bedingen. Außerdem hat diese Studie zu einer Erweiterung der Kenntnisse über die heimische Gewässerflora und Gewässerfauna beigetragen und wird als Basis für zukünftige Untersuchungen, vor allem im Hinblick auf den Klimawandel, dienen.

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Abstract

The present study, carried out in the framework of the Interreg IV Italy-Austria project "permaqua", investigated the effects of the thawing of permafrost and particularly of rock glaciers on the ecology of high altitude lakes. The ecological structure of 15 lakes influenced by rock glaciers to different extents was compared with the one of 18 unaffected lakes used as a reference. The chemical-physical and biological analyses were performed on samples taken in each lake during a single late summer or autumnal sampling. All lakes influenced by rock glaciers showed surprisingly high concentrations of sulfate, magnesium, calcium, and in the lakes with acidic pH increased concentrations of heavy metals were also found. The species composition of phytoplankton and phytobenthos was mainly determined by pH and nutrient conditions rather than by the above-mentioned changes in chemical composition induced by thawing permafrost. Zooplankton densities were unfortunately too low to allow any meaningful comparison. However, differences in the composition of the littoral fauna were found between lakes with and without rock glacier influence. The littoral macrozoobenthos of the lakes not influenced by rock glaciers was generally composed of a higher number of species, additionally showing a more regular distribution. The higher diversity score was found to be due to the presence of EPT taxa (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) and other sensitive species. Together with the lower species diversity, lakes influenced by rock glaciers also showed a different composition of the chironomid communities with dominance of tolerant species. Also the meiozoobenthos showed differences between lakes with and without rock glaciers in the catchment, with the first characterized by the dominance of species with broad ecological valence. The indirect influence of high sulfate concentrations and other substances delivered to the lake by the rock glacier outflows probably produce environmental conditions which provide a competitive advantage to less sensitive species. The present study showed that thawing rock glaciers exert significant chemical changes in high

altitude lakes, which induce modifications of the biotic elements and likely affect the ecosystem functioning of these lakes. The data collected during the present study contribute to the knowledge of the local alpine aquatic flora and fauna and will prove useful for future studies, particularly those related to the investigation of the effects of climate change.

1. Einleitung

Hochgebirgsseen sind oberhalb der Waldgrenze liegende stehende Gewässer, die zum größten Teil am Ende der letzten Eiszeit durch den Rückzug der Gletscher entstanden sind. Manche Hochgebirgsseen haben sich erst im letzten Jahrhundert oder auch in der jüngsten Vergangenheit durch das Abschmelzen der Gletscher als Folge des Klimawandels gebildet (Haeberli, 2012), andere altern mit der Zeit und verlanden.

Hochgebirgsseen sind extreme Lebensräume. Als Folge der niedrigen Umgebungstemperaturen – die mittlere Jahrestemperatur liegt im Hochgebirge nahe bei 0°C – sind sie zumeist mehr als die Hälfte des Jahres mit Eis und Schnee bedeckt (Bretschko, 1995). Durch die Winterdecke dringt nur wenig Licht, mit der Eisschmelze steigt die Sonneneinstrahlung abrupt an und bleibt bis zum Herbst sehr hoch. Aufgrund der Klarheit der meisten Hochgebirgsseen kann die mit der Höhe zunehmende schädigende UV-Strahlung bis in große Tiefen eindringen (Sommaruga, 2001).

Die chemische Zusammensetzung des Wassers der Hochgebirgsseen wird in erster Linie von der Geologie ihrer Einzugsgebiete und von der chemischen Zusammensetzung der atmosphärischen Niederschläge bestimmt. Da die Einzugsgebiete meist relativ klein und die Verwitterung im Hochgebirge sehr langsam erfolgt, weisen viele Seen, vor allem solche, die im Kristallin liegen, einen sehr niedrigen Ionengehalt und somit ein geringes Pufferungsvermögen auf. Hochgebirgsseen sind außerdem meist sehr nährstoffarm. Die Neubesiedlung wird durch ihre Abgeschiedenheit stark erschwert.

Aufgrund dieser extremen Bedingungen können nur Spezialisten unter den Pflanzen und Tieren in den Hochgebirgsseen überleben. Die Nahrungsketten sind relativ einfach und die Biodiversität gering. Umweltveränderungen wirken sich folglich besonders rasch und nachhaltig auf die Struktur und die Funktionsweise des Ökosystems aus (Catalan et al., 2006; Battarbee et al., 2009; Füreder et al., 2006).

Hochgebirgsseen sind trotz ihrer abgeschiedenen Lage einer Reihe von Belastungen ausgesetzt, die direkt oder indirekt vom Menschen hervorgerufen werden. Intensive Beweidung im Einzugsgebiet der Seen kann zu Nährstoffanreicherung (Eutrophierung) führen (Tiberti et al., 2014 a). Auch Fischbesatz stellt eine Belastung dar. Da die meisten Hochgebirgsseen aufgrund natürlicher Barrieren ursprünglich fischfrei sind, können eingesetzte Fische typische Bewohner von Hochgebirgsseen dezimieren oder ausrotten (Tiberti et al., 2014 b; Miro & Ventura, 2015). In viele Seen wurden allerdings schon im 15. Jahrhundert Fische eingesetzt (Pechlaner, 1984) und auch heute noch erfolgt häufig Fischbesatz für die Sportfischerei. Eine weitere Belastung ergibt sich durch die Luftverschmutzung. Durch Ferntransport gelangen Luftschadstoffe aus Industriegebieten in die Hochgebirgsseen. Zu diesen Luftschadstoffen zählen Schwermetalle, Stickstoff- und Schwefelsäure und verschiedene organische Verbindungen. Vor allem die Auswirkung der Schwefelsäure (saurer Regen) auf die Hochgebirgsökosysteme wurde intensiv untersucht (Wathne et al., 1998; Catalan et al., 2006; Battarbee et al., 2009; Steingruber et al., 2013). Der derzeit stattfindende Klimawandel, der durch menschliche Aktivitäten beschleunigt wird, ist in arktischen Gebieten und im Hochgebirge besonders ausgeprägt und führt zu einer direkten und indirekten Beeinflussung der dort gelegenen Seen

(Nevalainen&Luoto,2012;Marziali&Rossaro,2013). Der Klimawandel äußert sich nicht nur in einem Temperaturanstieg, sondern auch in einer Änderung des Niederschlagsgeschehens, beides beeinflusst sowohl die Gewässer selbst als auch deren Einzugsgebiete.

Während in den letzten Jahren eine ganze Reihe von Untersuchungen über die Auswirkung des Temperaturanstiegs auf die Zusammensetzung von Flora und Fauna der Hochgebirgsseen, vor allem mit Hilfe paläolimnologischer Methoden, durchgeführt wurde (u.a. Catalan, 2002; Samartin et al., 2012; Koinig et al., 2002), gibt es nur sehr wenige Studien über den Einfluss von abschmelzendem Permafrost als Folge der Klimaerwärmung auf die Gewässerökosysteme im Hochgebirge (Thies et al., 2013; Ilyashuk et al., 2014) und in arktischen Gebieten (Thienpont et al., 2013; Moquin et al., 2014).

Den Anstoß zur vorliegenden Untersuchung gab eine völlig unerwartete Beobachtung am Rasass-See, einem auf 2682 m Höhe gelegenen See im Westen Südtirols. Eine im Jahr 2000 durchgeführte Beprobung ergab einen dramatischen Anstieg des Ionengehalts im Wasser gegenüber den in den Jahren 1986 und 1990 erhobenen Werten. Diese Veränderung wurde auf das Abschmelzen eines in den See mündenden aktiven Blockgletschers zurückgeführt (Thies et al., 2007). Blockgletscher sind in Südtirol weit verbreitet (etwa 1500), einige davon liegen im Einzugsgebiet von Hochgebirgsseen. Die Überprüfung des Verlaufs der chemischen Werte solcher Seen in den letzten zwei Jahrzehnten ergab, dass auch dort eine mehr oder weniger starke Veränderung der Wasserchemie stattgefunden hat (Thaler & Tait, 2014). Im Rahmen des Projekts „permaqua“ sollte daher überprüft werden, ob und wie sich die chemischen Veränderungen auf die verschiedenen Ökosystemkomponenten auswirken.



Abb. 1:
Wannenkarsee (Nordtirol).
Ein aktiver Blockgletscher
mündet direkt in den See.

2. Der Hochgebirgssee und seine Lebewelt

2.1 Lebensräume

In einem See können grundsätzlich zwei Hauptlebensräume (Abb. 2) unterschieden werden: die Freiwasserzone (Pelagial) und die Bodenzone oder der Gewässergrund (Benthal). Das Benthal umfasst die ufernahen Bereiche (Litoral) und die Tiefenzone (Profundal).

Die Lebewelt der Freiwasserzone des Hochgebirgssees wird von den treibenden Arten des Planktons gebildet (griech., umher getrieben werden). Die Planktonorganismen verfügen über besondere Schwimm- und Schwebeorgane, die es ihnen ermöglichen, den freien Wasserkörper zu besiedeln. So besitzen manche Gasblasen, sperrige Körperanhänge oder auch Geißeln, Wimpernkränze und Ruderfüße.

Das pflanzliche Plankton (Phytoplankton) setzt sich aus einer Vielzahl einzelliger und Kolonien bildender Algen zusammen. Zum tierischen Plankton (Zooplankton) zählen Einzeller und Mehrzeller. Die Pflanzen des Gewässerbodens sind verschiedene Algen (Phytobenthos) und

höhere Wasserpflanzen (Moose, Blütenpflanzen). Zu den am Gewässerboden lebenden Tieren (Zooobenthos) gehören Einzeller und Mehrzeller, wobei letztere durch zahlreiche Großgruppen vertreten sind.

Das Phytoplankton der Hochgebirgsseen besteht aus Arten, die gut an die kurze Vegetationsperiode, die extremen Lichtbedingungen und den sehr geringen Nährstoffgehalt angepasst sind (Pechlaner, 1971). Die meisten Algen der Hochgebirgsseen sind sehr klein und begeißelt, viele Arten sind myxotroph, d.h. sie können organisches Material oder Bakterien aufnehmen (Gervais, 1997; Isaksson, 1998). Die Phytoplanktongemeinschaften von alpinen Hochgebirgsseen bestehen wie auch das Phytoplankton arktischer Seen nicht aus endemischen Arten, sondern sind nur arten- und individuenärmer als die der Niederungsseen (Nauwerck, 1966; Rott, 1988; Tolotti et al., 2009).

Das Zooplankton stellt das Bindeglied zwischen Primärproduzenten (Phytoplankton) und höheren trophischen Ebenen dar und ist daher eine wichtige Komponente des aquatischen Ökosystems. Das Zooplankton der Hochgebirgsseen

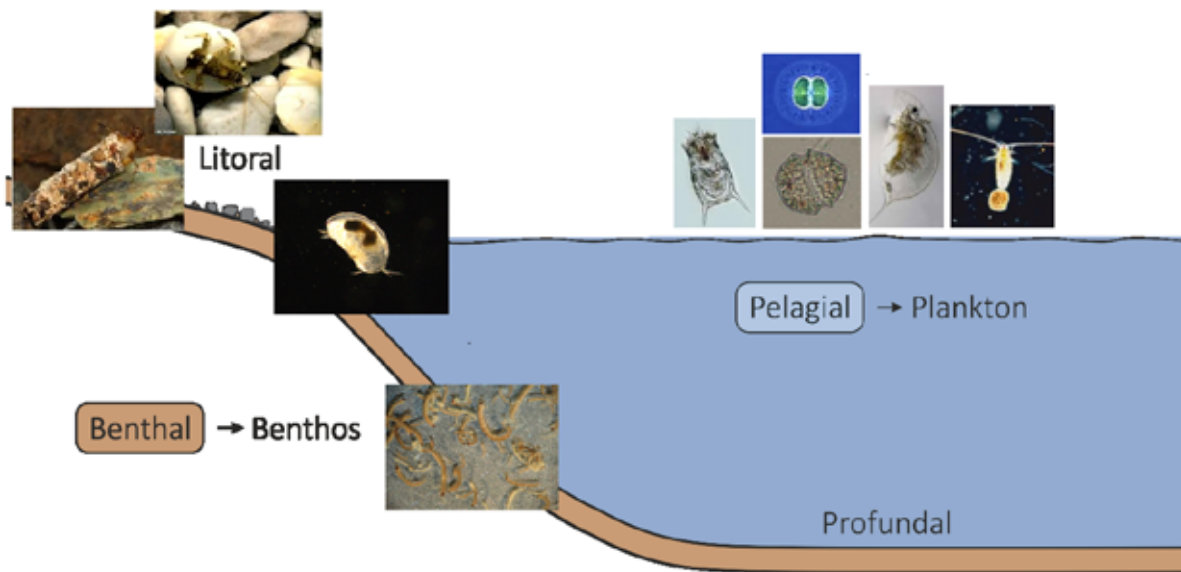


Abb. 2: Vereinfachtes Schema der Lebensräume eines Hochgebirgssees. Erklärung der Bilder (von links nach rechts): 1 – Köcherfliegenlarve, 2 – Eintagsfliegenlarve, 3 – Muschelkrebs, 4 – Chironomidenlarven (Zweiflügler), 5 – Rädertier, 6 – Grünalge, 7 – Panzerflagellat, 8 – Blattfußkrebs, 9 – Ruderfußkrebs.

ist vor allem aufgrund der dort herrschenden extremen Umweltbedingungen (begrenztes Nahrungsangebot, schädigende UV-Strahlung, lange Eisbedeckung) arten- und individuenarm. Das Phytobenthos der Hochgebirgsseen umfasst viele Arten, die gut an die extremen Bedingungen dieser Ökosysteme angepasst sind. Die Diatomeen (Kieselalgen) der Hochgebirgsgewässer gelten als gute Indikatoren der chemischen Gewässerqualität (pH, Leitfähigkeit, Nährstoffgehalt), so dass die meisten Studien durchgeführt wurden, um Informationen über den Einfluss von atmosphärischer Belastung (saurer Regen) auf die gering mineralisierten und nur schwach gepufferten Hochgebirgsgewässer zu erhalten (Niederreither, 1993; Tolotti, 2001). Das Zoobenthos spielt eine entscheidende Rolle bei der Umsetzung und Mineralisierung von sedimentiertem organischem Material. Seine Zusammensetzung hängt vor allem von der Substratbeschaffenheit und den chemisch-physikalischen Verhältnissen am Gewässergrund ab. Aufgrund des geringen Futterangebots und der starken jahreszeitlichen Schwankungen von Temperatur, Sonneneinstrahlung und vielfach auch des

Wasserspiegels ist die Biodiversität des Zoobenthos in Hochgebirgsseen wesentlich geringer als in tiefer gelegenen stehenden Gewässern.

2.2 Die typischen Organismen des Hochgebirgssees

Wasserflora

Freiwasserzone

Phytoplankton: hpts. begeißelte Algen (Phytoflagellaten; Goldalgen – Chrysophyceae, Panzerflagellaten – Dinophyceae, Cryptophyceen – Cryptophyceae); daneben Diatomeen (Bacillariophyceae) und Grünalgen (Chlorophyceae)

Gewässergrund

Aufwuchsalgen (Phytobenthos): hpts. Kieselalgen (Diatomeen); Epiphyton – auf Pflanzen, Epilithon – auf Steinen, Epipsammon – auf Sand, Epipelon – auf Schlamm
Armleuchteralgen (Characeae)
Moose
Höhere Wasserpflanzen (seltener als in tiefer gelegenen Seen)

Wasserfauna

Freiwasserzone

Zooplankton: Einzeller (Protozoa), Rädertiere (Rotatoria), Kleinkrebse (Crustacea: Ruderfußkrebse – Copepoda und Blattfußkrebse – Cladocera)

Gewässergrund

Zoobenthos: Einzeller (Protozoa)
Hydrozoen (Hydrozoa)*
Strudelwürmer (Turbellaria)**
Rädertiere (Rotatoria)*
Fadenwürmer (Nematoda)*
Muscheln (Bivalvia)**
Schnecken (Gastropoda)**
Moostiere (Bryozoa)*
Wenigborster (Oligochaeta)**
Egel (Hirudinea)**
Bärentierchen (Tardigrada)*
Wassermilben (Acari)**
Kleinkrebse (Crustacea; Ruderfußkrebse – Copepoda, Blattfußkrebse – Cladocera und Muschelkrebse – Ostracoda)*

Insektenlarven (Eintagsfliegen – Ephemeroptera, Steinfliegen – Plecoptera, Käfer – Coleoptera, Köcherfliegen – Trichoptera, Libellen – Odonata, Schlammfliegen – Megaloptera, Wanzen – Hemiptera, Zweiflügler – Diptera)**

* Meiobenthos: 0,063 - 1 mm

** Makrobenthos: > 1 mm

In den Hochgebirgsseen kommen außerdem Amphibien (z.B. Bergmolch und Grasfrosch) und Fische (in den meisten Fällen eingesetzt) vor.

3. Untersuchungsgebiet und Methoden

3.1 Untersuchte Seen

In der vorliegenden Studie wurden gewässerökologische Daten von insgesamt 33 Hochgebirgsseen erfasst (Abb. 3), von 32 Seen liegen sowohl chemisch-physikalische als auch biologische Daten vor, ein See wurde nur chemisch charakterisiert.

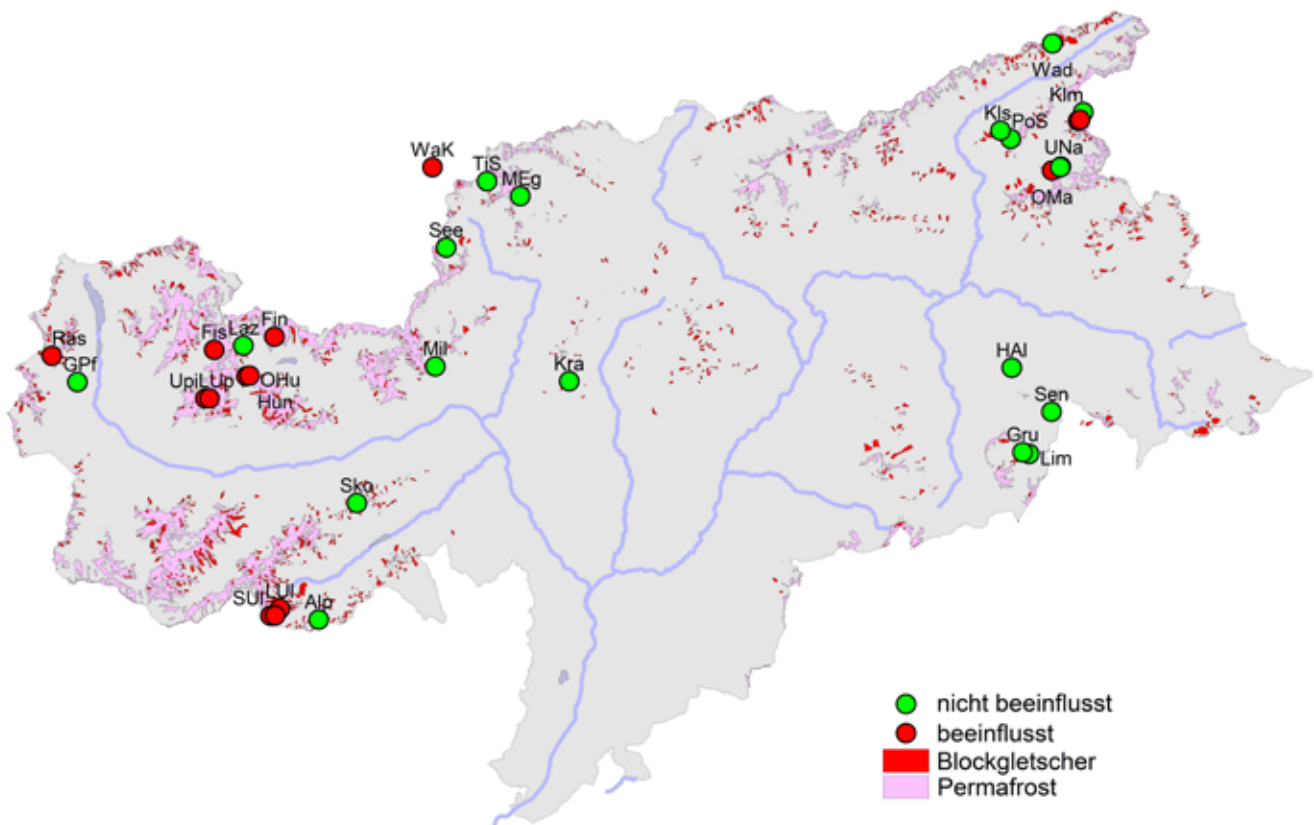


Abb. 3: Lage der untersuchten Seen. Erklärung der Akronyme der Seen in Tab. 1.

See	Akronym	X_UTM	Y_UTM	Höhe	Fläche	Tiefe	Einzugs- gebiet	Beschreibung EG (%)						Geologie
				(m ü.N.N.)	(ha)	(m)	(km²)	1	2	3	4	5	6	Klasse
Alpanersee	Alp	643959	5145634	2387	3,00	6,5	0,49	66	0	0	34	0	0	1
Finailsee	Fin	638526	5180343	2709	1,70	4,5	0,54	0	0	0	99	0	1	1
Fischersee (Saldurseen)	Fis	631114	5178735	2754	0,60	8,8	0,03	0	0	0	100	0	0	1
Großer Malersee	GMa	735137	5201205	2501	1,10	4,5	0,19	0	0	0	50	50	0	1
Großer Pfaffensee	GPf	614309	5174773	2222	1,70	5,6	0,39	51	0	0	0	49	0	1
Grünsee (Fanes)	Gru	730430	5166167	2043	1,13	2,5	2,09	1	5	0	49	45	0	3
Hochalpensee	HAi	729115	5176522	2252	1,82	4,0	0,17	100	0	0	0	0	0	3
Hungerschartensee	Hun	635084	5175491	2778	1,70	14	1,31	0	0	0	88	12	0	1
Klammsee	Klm	737880	5207887	2258	1,10	2,7	0,67	72	0	0	28	0	0	2
Klaussee	Kls	727728	5205633	2162	1,27	2,5								1
Kratzbergersee	Kra	674724	5174876	2119	2,40	13,0	0,63	1	0	0	99	0	0	1
Lazaunsee	Laz	634692	5179256	2429	1,82	2,0								1
Limosee	Lim	731252	5165961	2159	2,58	9,0	0,55	59	0	3	24	16	0	3
Lacke bei Malersee	LMa	735051	5201125	2513	0,11	1,0								1
Langsee (Ulten)	LUI	639189	5146971	2340	3,70	3,0	4,87	23	0	0	60	17	0	2
Lacke ober Upiasee	LUp	630540	5172770	2600	0,13	1,0	1,32	0	0	0	80	20	0	1
Moarer Egetsee	MEg	668727	5197584	2468	2,97	15,0	0,59	0	0	0	100	0	0	2
Milchsee	Mil	658285	5176695	2540	2,34	14,0	0,65	0	0	0	62	27	0	1
Oberer Hungersee	OHu	635445	5175565	2713	0,48		0,24	0	0	0	89	11	0	1
Oberer Malersee	OMa	734053	5200715	2587	0,94		0,57	0	0	0	43	0	57	1
Obere Napfenlacke	ONa	737505	5206944	2514	0,17	2,0	0,008	0	0	0	0	100	0	1
Pojen-Schwarzsee	PoS	728958	5204612	2551	1,06	6,7	0,19	0	0	0	100	0	0	1
Rasass-See	Ras	611179	5177990	2682	1,46	9,3	0,22	0	0	0	100	0	0	1
Seewersee	See	659625	5191262	2056	0,81	3,0								2
Sennessee	Sen	733998	5171128	2120	0,10	2,0	0,03	100	0	0	0	0	0	3
Südl. Koflrastsee	Sko	648643	5159925	2405	3,10	9,0	0,3	0	0	0	39	61	0	2
Schwarzsee (Ulten)	SUI	638041	5146091	2544	0,66	4,0	0,67	1	0	0	79	21	0	2
Timmelsschwarzsee	TiS	664641	5199414	2514	6,40	27,0	1,05	0	0	0	64	35	1	2
Untere Napfenlacke	UNa	737255	5206834	2478	0,30	2,0	0,02	0	0	0	0	100	0	1
Uoiasee	Upi	630027	5172757	2552	3,50	11,0	3,71	1	0	0	71	28	0	1
Waldnersee	Wad	734107	5216315	2338	6,90	26,0	0,96	0	0	0	60	40	0	1
Wannenkarsee	WaK	657939	5201127	2639	4,10	15,0	1,13							1
Wilder Pludersee	WPI	638613	5146134	2483	0,95	4,0	0,26	49	0	0	25	26	0	2

Tab. 1: Seenliste mit Lage, morphometrischen Parametern, Geologie und Beschaffenheit des Einzugsgebiets. Beschreibung Einzugsgebiet (EG): 1 = Gras- und Bergland, 2 = Heiden, 3 = Sträucher, 4 = Felsflächen, 5 = spärliche Vegetation, 6 = Gletscher. Geologie - Klassen: s. Text.

Im Rahmen des Projekts „permaqua“ erfolgte im Herbst 2012 und 2013 die einmalige Beprobung von 12 von Blockgletschern beeinflussten Seen. Fünf dieser Seen – der Große Malersee, der Hungerschartensee, der Upiasee, der Wannenkarsee (Abb. 1) und der Wilde Pludersee – wurden intensiver untersucht und zwar wurden die chemisch-physikalischen und biologischen Parameter in der gesamten Wassersäule sowie die Flora und Fauna des Ufers und der Tiefenzone erfasst. Für diese Seen liegen Daten über Phytoplankton, Zooplankton, Phytobenthos und Zoobenthos vor. Bei den übrigen Seen erfolgte die Entnahme von chemischen und biologischen Proben vom Ufer aus. Drei weitere ebenfalls von Blockgletschern beeinflusste Seen wurden im Herbst 2011 (Rasass-See, Langsee-Ulten) bzw. im Herbst 2014 (Fischersee; Vorhauser et al., in Vorb.) beprobt. Die Daten der 18 Referenzseen (Seen ohne Blockgletschereinfluss) stammen aus den Jahren 2000 bis 2014 und wurden im Rahmen des EU-Projekts EMERGE (8 Seen), einer Masterarbeit an der Universität Innsbruck (2 Seen; Vorhauser et al., in Vorb.) und im Zuge der Seenüberwachung des Biologischen Labors der Provinz Bozen (8 Seen) erhoben. Da ein Teil der Seen bereits 2000 beprobt worden war, wurde überprüft, ob ein Anstieg der Wassertemperatur der Seen zwischen 2000 und 2013 erfolgt ist. Die mittlere Lufttemperatur ist in den Sommermonaten mit der Wassertemperatur korreliert (Livingstone et al., 1998), weshalb ein Rückschluss von der Lufttemperatur auf die Wassertemperatur möglich ist. Zu diesem Zweck wurden die in der Nähe der Seen erhobenen Lufttemperaturen (Messstationen des Hydrographischen Amtes der Provinz Bozen) auf die jeweilige Seehöhe korrigiert. Da sich die Lufttemperatur im Bereich der untersuchten Seen nicht signifikant verändert hat, kann angenommen werden, dass von 2000 bis 2013 keine Erhöhung der Wassertemperatur stattgefunden hat.

Die untersuchten Seen liegen auf einer Meereshöhe von 2043 bis 2778 m ü.N.N., etwa die Hälfte davon über 2500 m ü.N.N.. Die Seeflächen schwanken zwischen 0,1 ha und 6,9 ha, die jeweilige Tiefe zwischen 1 m und 26 m (Tab. 1). Die Einzugsgebiete weisen Flächen zwischen 0,03 km² und 4,87 km² auf und sind größtenteils durch ausgedehnte Felsflächen und spärliche

Vegetation gekennzeichnet (CORINE Land Cover, Tab. 1). Im Einzugsgebiet von drei Seen befinden sich Gletscher.

Im Großteil der Einzugsgebiete dominieren metamorphe Gesteine, nur wenige Seen liegen in kalkalpinen Gebieten. Die Einzugsgebiete wurden je nach Geologie in drei Klassen unterteilt (Tab. 1: 1 – nur metamorphe Gesteine, 2 – metamorphe Gesteine vorherrschend, 3 – Kalkgestein vorherrschend).

3.2 Methoden

Chemisch-physikalische Parameter

Die Entnahme der Wasserproben für die chemisch-physikalische Analyse erfolgte z.T. an der tiefsten Stelle des Sees unter Berücksichtigung der gesamten Wassersäule, z.T. wurde vom Ufer aus eine Oberflächenprobe entnommen. Die angewandten Analysemethoden sind in Tab. 2 zusammengefasst.

Phytoplankton

Aus den fünf im Rahmen des Projekts „permaqua“ intensiver untersuchten Seen (Kap. 3.1) wurde an der tiefsten Stelle mit einem 5 m langen Schlauch eine integrierte 1 Liter-Phytoplanktonprobe entnommen und sofort mit Lugolscher Lösung fixiert. Die mikroskopische Beobachtung und die Auszählung erfolgten nach Sedimentation der konzentrierten Proben in 10 ml Glaskammern nach der Utermöhl-Methode (Utermöhl, 1958). Die Reihen „Süßwasserflora von Mitteleuropa“ (G. Huber-Pestalozzi) und „Die Binnengewässer“ (A. Pascher) dienten als Basis für die taxonomische Bestimmung und wurden durch rezente Publikationen über besondere Gruppen integriert (z.B. Tikkanen, 1986; Lenzenweger, 1997; Novarino, 2003). Das Biovolumen der einzelnen Taxa wurde durch Annäherung der Algenformen an Rotationskörper bestimmt (Rott, 1981). Die Berechnung der Biodiversität (Shannon-Index, Shannon & Weaver, 1949) und der Homogenität der Phytoplanktongemeinschaften (Evenness-Index, Pielou, 1975) erfolgte auf der Basis der Artenbiovolumina. Die trophische Bewertung der

Tab. 2:

Angewandte chemische Methoden.

Parameter	Methode	Literaturhinweis
pH	Potentiometrie	
Leitfähigkeit	Potentiometrie	
Alkalinität	Gran-Titration	Gran 1952
Sulphat	Ionenchromatographie	
Nitrat	Ionenchromatographie	
Chlorid	Ionenchromatographie	
Ammonium	Spektrophotometrie	Wagner 1969
Ca, Mg, Na, K	Ionenchromatographie	
Phosphor	Spektrophotometrie	Vogler 1965, 1966
Silikat	Spektrophotometrie	Goltermann 1971
Chlorophyll	Extraktion mit Azeton	Goltermann 1971

untersuchten Seen nach ihrem Phytoplankton-biovolumen erfolgte nach dem auf alpine Seen in Tirol kalibrierten Klassifikationsverfahren von Rott (1984).

Phytobenthos

Die Beprobung und Bearbeitung der epilithischen Diatomeen erfolgte gemäß den Empfehlungen des Europäischen Komitees für Standardisierung (2004). Bei den fünf intensiv untersuchten Seen sowie bei vier weiteren Seen wurden an verschiedenen Stellen entlang des Seeufers aus einer Wassertiefe von 30 bis 50 cm sieben bis zehn Steine entnommen und abgebürstet. Aus derselben Wassertiefe wurde mit einer Pipette der am Seeufer sedimentierte Detritus für die Untersuchung von epipelischen und epipsammischen Diatomeen beprobt. Von den nach standardisierter Methodik gereinigten Proben wurden Dauerpräparate hergestellt und pro Präparat 400 Kieselalgenschalen mikroskopisch bestimmt.

Die taxonomische Bestimmung der Diatomeen erfolgte nach Krammer & Lange-Bertalot (1986-2004), Lange-Bertalot & Metzeltin (1996), Lange-Bertalot (2001), Hofmann et al. (2011), Lange-Bertalot & Witkowski (2011) und anhand rezenter Publikationen über besondere Taxa. Für die Bestimmung von besonders kritischen Diatomeentaxa erfolgte zusätzlich die Beobachtung unter dem Elektronenmikroskop (cf. Nickus et al., 2015). Die Häufigkeiten der bestimmten Taxa wurden für die ökologische Klassifikation der Diatomeengemeinschaften nach Van Dam et al. (1994) sowie für die Trophieklassifikation nach Hofmann (1994) verwendet.

Zooplankton

Die Entnahme der Zooplanktonproben erfolgte mit Hilfe eines UWITEC-Wasserschöpfers oder anhand von Vertikalzügen mit einem Planktonnetz, wobei in beiden Fällen mehr oder weniger die gesamte Wassersäule erfasst wurde. Die Netzmaschenweite betrug 47 µm, zur Fixierung der Proben wurde 90%iger Alkohol verwendet.

Die Rotatorien wurden anhand Ruttner – Kolisko (1974) und Braioni & Gelmini (1983) bestimmt, zur taxonomischen Bestimmung der Crustaceen wurden Flößner (1973), Margaritora (1983), Kiefer (1978) und Einsle (1993) herangezogen.

Zoobenthos

Die Besammlung des Zoobenthos der Uferzone erfolgte mit Hilfe eines Handnetzes mit der Maschenweite 100 µm. An für den jeweiligen See repräsentativen Stellen wurde das Substrat vom Ufer bis zu einer Wassertiefe von ca. 0,5 m nach der sog. Kick-Methode gelockert und das aufgewirbelte Material eingesammelt. Die Beprobungszeit betrug zwischen 2 und 5 Minuten.

Die Tiefenzone wurde mit Hilfe eines Ekman-Bodengreifens mit einer Besammlungsfläche von 225 cm² beprobt. Aus jeder Tiefenstufe wurden eine bis vier Proben entnommen. Auch diese Proben wurden mit einem Netz der Maschenweite 100 µm geschlämmt. Die Auswertung berücksichtigt sowohl das Makrobenthos (> 1 mm) als auch das Meiobenthos (0,063-1 mm).

Die Bestimmung der Chironomiden erfolgte mit Hilfe der Schlüssel von Lencioni et al. (2007), Epler (2001) und der Reihe „Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane“

(Ferrarese & Rossaro, 1981; Rossaro, 1982; Ferrarese, 1983; Nocentini, 1985). Die Oligochaeten und verschiedene andere Taxa wurden vom Technischen Büro für Ökologie ARGE Limnologie, Innsbruck, bestimmt. Für die Ostracoden wurde Meisch (2000) herangezogen, für die übrigen Crustaceen s. Methoden Zooplankton.

Datenanalyse

Die Ergebnisse der Zooplanktonanalysen werden in Form von 5 Häufigkeitsklassen dargestellt (1 = Einzelfund, 2 = selten, 3 = vorhanden, 4 = häufig, 5 = sehr häufig). Die halbquantitativen Daten der Proben der Uferzone sind als relative Häufigkeiten pro Probenstelle (See) wiedergegeben. Für die Berechnung der mittleren relativen Häufigkeiten einzelner Taxa wurden nur jene Probenstellen verwendet, an denen diese vorkamen.

Die Berechnung von Diversität und Dominanz des Makrobenthos und die Erstellung der nMDS-Plots (nicht metrische multidimensionale Skalierung, Kruskal & Wish, 1978) erfolgten mit Hilfe des Statistikprogramms PAST (Hammer et al., 2001). Die Diagramme zur Veranschaulichung der Verteilung der Taxa in den einzelnen Seen wurden mit der Statistik-Software C2 (Juggins, 2007) erstellt.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Chemisch-physikalische Faktoren

Alle chemischen Daten der untersuchten Seen sind in Tab. A1 im Anhang zusammengefasst. Der Großteil der untersuchten Seen liegt in Gebieten mit metamorphen Gesteinen (Tab. 1) und wies dementsprechend einen geringen Gehalt an gelösten Stoffen (Ionen) auf, der in niedrigen Leitfähigkeitswerten zum Ausdruck kommt (gewöhnlich unter $60 \mu\text{S cm}^{-1} 20^\circ\text{C}$, Tab. 3). Die Leitfähigkeit der wenigen in Kalkgebieten liegenden Seen betrug zwischen 146 und $272 \mu\text{S cm}^{-1} 20^\circ\text{C}$. Eine Reihe von Seen mit vorwiegend kristallinem Einzugsgebiet war durch hohe bis sehr hohe Leitfähigkeitswerte gekennzeichnet. Der hohe Ionengehalt dieser Seen ist auf den

Einfluss von abschmelzenden Blockgletschern zurückzuführen.

Die pH-Werte der meisten Seen lagen um den Neutralpunkt, einige Seen wiesen pH-Werte im alkalischen Bereich und einige im leicht sauren bzw. sauren Bereich auf. Bei den Seen mit saurem pH handelte es sich hauptsächlich um Seen mit Blockgletschereinfluss.

Die Gesamtphosphorkonzentrationen waren mit der Ausnahme des Sennes-Sees, dessen hoher Nährstoffgehalt auf intensive Beweidung und auf landwirtschaftliche Abwässer zurückzuführen war, niedrig und lagen im oligotrophen bzw. im ultraoligotrophen Bereich.

Die Chlorophyll *a*-Konzentrationen wiesen mit wenigen Ausnahmen ebenfalls auf oligotrophe bzw. ultraoligotrophe Verhältnisse hin.

Die Verteilung der Hauptionen in den Seen mit Blockgletschereinfluss (Abb. 4 links) und in den Seen ohne diesen Einfluss (Abb. 4 rechts) zeigte deutliche Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. In den blockgletscherbeeinflussten Seen war der Sulfat-, Magnesium- und Kalziumgehalt deutlich höher als in den übrigen Seen. Diese hohen Konzentrationen stammen z.T. aus dem Eiskörper der Blockgletscher. Die Untersuchung eines Bohrkerns vom Lazaun-Blockgletscher hat gezeigt, dass das Eis Schichten mit sehr hohen Ionenkonzentrationen enthält (Krainer et al., 2015). Weiters tragen mechanische und chemische Verwitterung im Blockgletscher zur Erhöhung des Ionengehalts in den Abflüssen bei (Nickus et al., 2015; Williams et al., 2006; Heath & Baron, 2014). Durch die Aktivität von Mikroorganismen können Stoffe wie Kalzium, Magnesium oder Mangan aus Gestein freigesetzt werden, wodurch es ebenfalls zu einer Erhöhung der Konzentrationen dieser Stoffe kommt (Sonnleitner et al., 2011).

Eine Hauptkomponentenanalyse der chemischen Zusammensetzung der untersuchten Seen ergab drei Gruppen von Seen. Eine Gruppe weist einen hohen Sulfat-, Magnesium- und Kalziumgehalt auf und umfasst Seen mit mehr oder weniger starkem Blockgletschereinfluss. Eine weitere Gruppe bilden Seen mit dolomitischem Einzugsgebiet, welche durch hohe Alkalinität gekennzeichnet sind. Die restlichen Seen weisen einen geringen



Akronym	See	von	bis	Min Temp. (°C)	Max Temp. (°C)	Min pH	Max pH	Min Leitf. ($\mu\text{S cm}^{-1}$ 20°C)	Max Leitf. ($\mu\text{S cm}^{-1}$ 20°C)	Min O ₂ (mg L ⁻¹)	Min Sätt. (mg L ⁻¹)	mittl. Chl a ($\mu\text{g L}^{-1}$)	mittl. TP ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Alp	Alpansersee	21.09.1988	05.09.2009	9,3	9,3	7,26	7,66	37	46	8,35	8,58	2,4	6
Fin	Finailsee	11.10.1989	16.08.2013	2,2	2,7	6,36	6,85	38	184		9,74	0,5	5
Fis	Fischersee	17.10.1985	11.12.2014			6,64	6,96	26	51	8,60		5,7	7
GMa	Großer Malersee	19.07.2012	15.09.2014	4,2	12,0	7,16	7,60	119	187	10,10	7,95	0,4	2
GPf	Großer Pfaffensee	24.11.1987	17.10.2011	2,6	10,4	6,92	7,68	37	40	8,70	8,54	1,4	10
Gru	Grünsee	13.09.2000	12.08.2012	5,0	6,0	8,15	8,30	152	186	9,86	9,70	0,2	3
HAI	Hochalpensee	10.06.2007	01.08.2014	11,0	11,0	8,31	8,53	172	199	9,20	8,39	3,1	7
Hun	Hungerschartensee	03.09.1986	06.09.2012	9,7	10,4	4,59	6,20	23	185	8,59	7,96	0,3	5
Klm	Klammsee	05.10.1988	08.07.2012	3,5	3,6	7,90	8,19	110	120	9,70	10,06	0,7	5
Kls	Klaussee	24.08.2009	31.08.2009	13,6	14,7	6,53	6,72	21	23	8,44	7,81	2,9	10
Kra	Kratzbergersee	01.08.1977	04.06.2006	3,0	7,4	6,87	9,08	23	26	9,93	9,29	19,8	5
Laz	Lazaunsee (Schnals)	28.09.2014	28.09.2014	3,0	3,0	6,02	6,02	8	8		10,01		10
Lim	Limosee	25.06.2006	12.08.2012	11,6	15,5	7,53	8,51	182	272	2,86	7,68	3,8	9
LMa	Lacke bei Malersee	22.10.2012	22.10.2012			5,90	5,90	12	12				3
LUI	Langsee (Ulten)	31.10.1986	14.09.2014	2,9	8,2	7,26	7,47	65	327	0,14	8,86		6
LUp	Lacke ober Upiasee	04.09.2013	04.09.2013			6,48	6,48	99	99				11
MEg	Moarer Egetsee	15.08.2006	25.09.2014			8,66	8,67	78	86				4
Mil	Milchsee	03.11.1988	18.06.2006	0,2	10,2	5,56	7,34	5	54	0,00	8,24	1,7	4
OHu	Oberer Hungersee	30.07.2006	06.09.2012			5,34	5,36	67	97				4
OMa	Oberer Malersee	19.07.2012	15.09.2014	7,5	8,4	5,20	5,66	81	131		8,55		3
ONa	Obere Napfenlacke	26.06.2012	18.09.2012			6,17	6,54	8	16				7
PoS	Schwarzsee (Pojen)	11.11.1986	25.10.2000	3,9	3,9	5,68	6,54	10	13	8,36	9,62	0,4	2
Ras	Rasass-See	12.11.1986	23.10.2011	3,0	8,7	4,95	6,01	24	451	8,52	8,39	0,1	2
See	Seewersee	19.08.2001	01.08.2008			7,09	7,63	45	59				7
Sen	Sennes-See	27.08.2008	27.08.2008	11,0	11,0	9,08	9,08	146	146		8,53		203
Sko	Südl. Kofrastersee	25.07.1989	11.07.2011	6,0	9,4	7,21	7,71	48	70	8,23	8,54	7,1	7
SUI	Schwarzsee (Ulten)	19.09.2006	14.09.2014	8,5	8,5	7,04	7,64	233	609		8,58		2
TiS	Timmelsschwarzsee	30.09.1986	22.08.2010	5,1	7,5	5,91	6,83	13	35	7,92	8,82	6,5	4
UNa	Untere Napfenlacke	26.06.2012	12.09.2012			6,32	7,07	15	33				3
Upi	Upiasee	01.08.1990	04.09.2013	7,0	9,0	6,37	6,63	20	111	8,97	8,47	0,1	3
Wad	Waldnersee	11.11.1986	02.10.2014	1,0	4,5	7,26	7,44	23	28	10,21	9,73	10,5	4
WaK	Wannenkarsee	22.08.2013	22.08.2013			6,31	6,37	166	168				1
WPI	Wilder Pludersee	19.09.2006	14.09.2014	7,5	8,6	7,28	7,75	279	654	9,69	8,62	1,4	5

Tab. 3: Werte für Temperatur, pH, Leitfähigkeit, Sauerstoff, Chlorophyll a und Gesamtphosphor in den untersuchten Seen. Blockgletscher-beeinflusste Seen grau unterlegt.

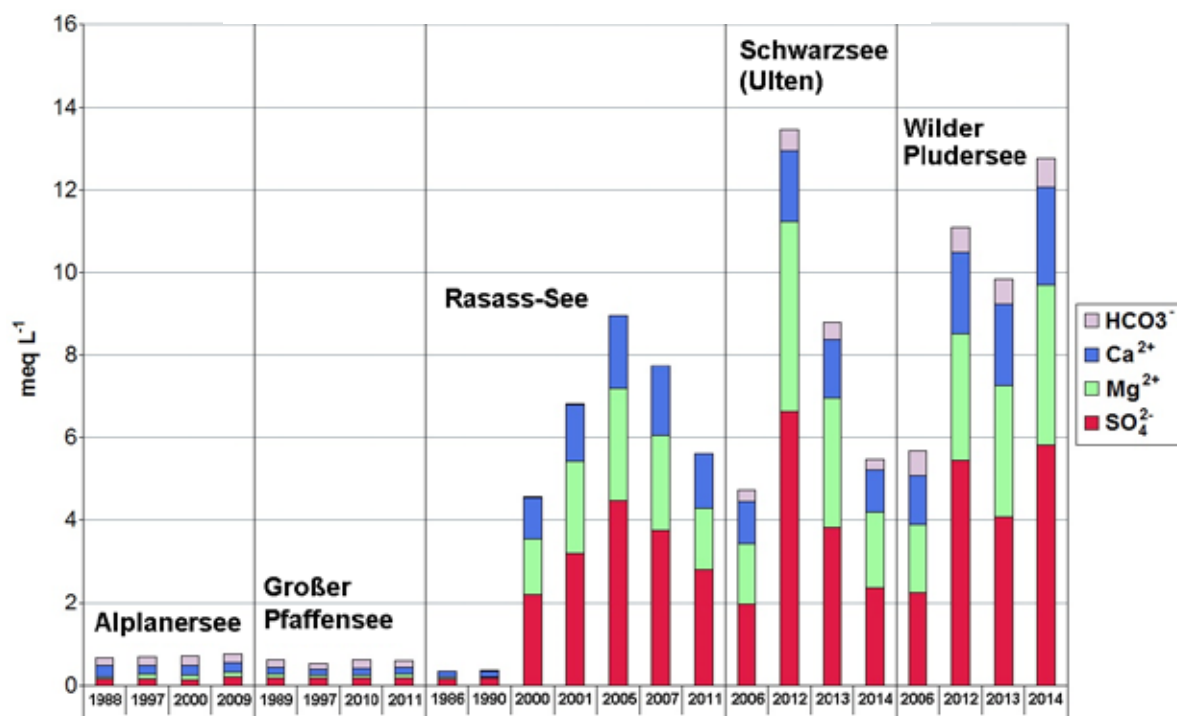


Abb. 6: Langzeitentwicklung der Hauptionenzusammensetzung in blockgletscherbeeinflussten (Rasass-See, Schwarzsee und Wilder Pludersee) und in unbeeinflussten Seen (Alplanersee und Großer Pfaffensee).

Hauptionengehalt auf und befinden sich in überwiegend kristallinen Gebieten.

Einige der in dieser Studie erfassten Seen wurden über mehrere Jahre hinweg untersucht (Tab. A1 im Anhang; unveröffentl. Daten, Biologisches Labor, Umweltagentur der Provinz Bozen; Tait & Thaler, 2000; Vorhauser et al., in Vorb.), sodass eine langzeitliche Beobachtung möglich ist.

Normalerweise ändert sich die Hauptionenzusammensetzung auch über längere Zeiträume hinweg kaum (Abb. 6; Alplanersee, Großer Pfaffensee). In Hochgebirgsseen, die von abschmelzenden Blockgletschern beeinflusst werden, kann sich hingegen die chemische Zusammensetzung des Wassers sehr stark ändern (Abb. 6; Rasass-See, Schwarzsee und Wilder Pludersee). Der Schwarzsee und der Wilde Pludersee wurden 2006 erstmals untersucht, sodass keine früheren Daten vorliegen. Es ist aber anzunehmen, dass auch hier wie im Rasass-See ab etwa 2000 ein Anstieg erfolgt ist. Wie in den Blockgletscherabflüssen

(Nickus et. al., 2015) können auch in den Seen, wenn auch in geringerem Ausmaß, jahreszeitliche Schwankungen beobachtet werden. Wie groß die Veränderungen in der Wasserchemie sind, hängt vor allem von der Größe des Blockgletschers und vom Wasseraustausch des Sees bzw. vom Anteil der Blockgletscherabflüsse am Gesamtzufluss ab.

Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung von Blockgletscherabflüssen (Thies et al., 2013; Schmidt, 2014) haben in Gewässern mit sauren pH-Werten neben einem hohen Hauptionengehalt erhöhte Konzentrationen an Schwermetallen ergeben. In der vorliegenden Studie wurde der Schwermetallgehalt der fünf intensiver untersuchten blockgletscherbeeinflussten Seen (Großer Malersee, Hungerschartensee, Wannenkarsee, Wilder Pludersee und Upiasee) und von zwei weiteren Seen mit Blockgletschereinfluss erfasst. Die Daten des Rasass-See wurden von Thies et al. (2007) bzw. im Rahmen des

See	Datum	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Sr	Zn
Großer Malersee	22.10.12	<0,001	0,004	<0,001	<0,002	<0,001	0,005	0,011	0,009	0,045	0,004
Zufluss O Malersee	22.10.12	<0,001	0,006	<0,001	<0,002	0,001	0,059	0,001	0,007	0,073	0,002
Zufluss W Malersee	22.10.12	3,025	0,013	0,013	<0,002	0,002	1,954	0,083	0,045	0,016	0,036
Hungerschartensee	06.09.12	1,896	0,001	0,041	<0,001	<0,001	<0,001	0,293	0,133	0,049	0,034
Langsee (Ulten)	11.09.12	<0,001	0,011	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,147	0,006
Zufluss Langsee	11.09.12	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,001	0,116	0,005
Rasass-See	01.09.05	0,143		0,012			0,001	0,559	0,243	0,008	0,181
Rasass-See	01.10.11							0,246	0,147		
Schwarzsee (Ulten)	01.09.12	<0,001	0,017	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,137	<0,001
Wannenkarsee	22.08.13	0,117	0,006	0,014	<0,002	0,002	0,015	0,050	0,064	0,043	0,039
Wilder Pludersee	11.09.12	<0,001	0,028	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,276	<0,001
Upiasee	04.09.13	<0,001	<0,001	0,002	<0,002	<0,001	<0,001	0,002	0,020	0,037	0,003

Tab. 4: Schwermetallgehalt (mg L⁻¹) von verschiedenen blockgletscherbeeinflussten Seen und deren Zuflüssen.

Projekts „Nickel Control“ (Projekt im Bereich der wissenschaftlichen Forschung der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol) erhoben. Die Analysen ergaben nur bei Seen mit saurem pH erhöhte Schwermetallgehalte (Al, Mn, Ni), während die Werte bei Seen mit alkalischem pH sehr niedrig waren bzw. unter der Nachweisbarkeitsgrenze lagen. Nur einer der beiden Zuflüsse des Großen Malersees wies einen sauren pH-Wert auf und enthielt ebenfalls erhöhte Schwermetallwerte. Die Herkunft der Schwermetalle ist noch unklar, ein Zusammenhang mit den geologischen Gegebenheiten im Einzugsgebiet der Gewässer ist laut Experten aufgrund des geringen natürlichen Vorkommens dieser Stoffe unwahrscheinlich.

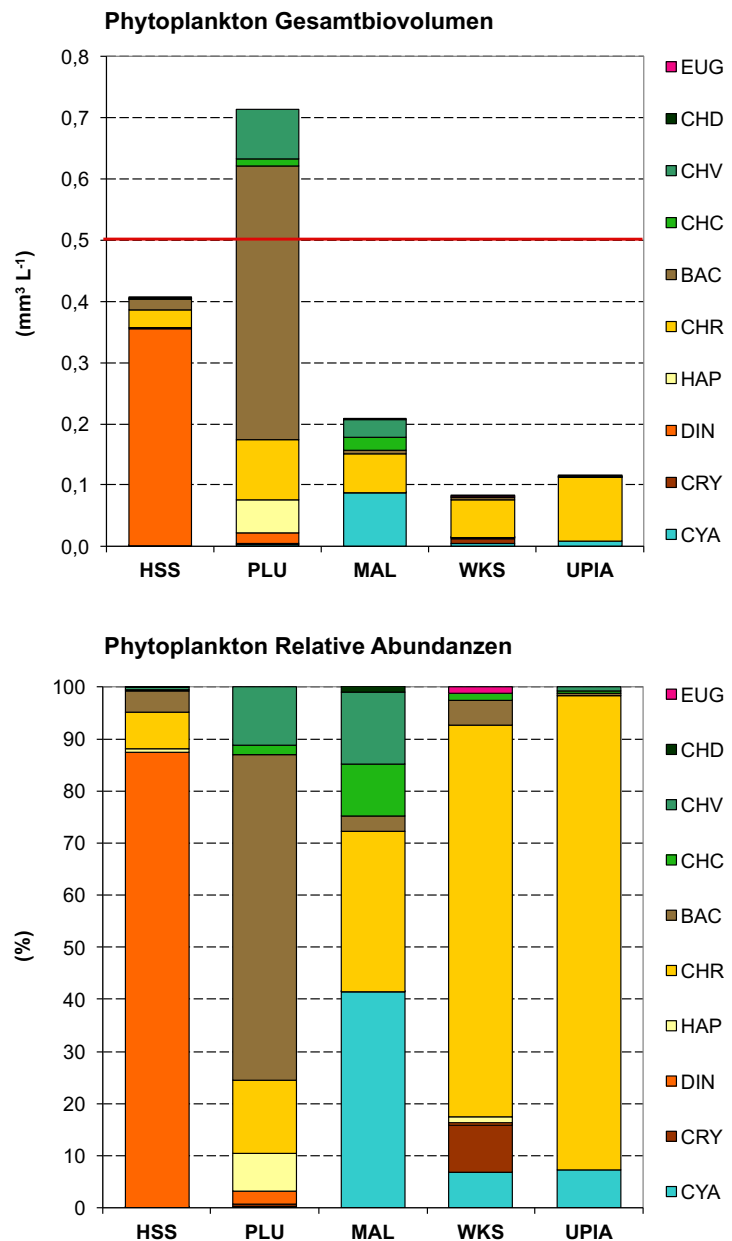
4.2 Phytoplankton

In den Phytoplanktonproben aus den fünf untersuchten Seen wurden insgesamt 65 Taxa gefunden (Tab. A2 im Anhang). Die für oligotrophe kalte Hochgebirgsseen typischen Goldalgen (Chrysophyceae) waren mit 19 Taxa die artenreichste Algengruppe. Es folgten die Grünalgen (Chlorophyta *sensu lato*) und die Diatomeen (Bacillariophyceae). Die kokkalen Grünalgen waren insgesamt häufiger als die begeißelten Formen der Ordnung Volvocales (z.B. *Chlamydomonas* spp.). Unter den Diatomeen stellten benthische und tychoplanktische Arten die Mehrheit

der bestimmten Taxa dar (Tab. A2 im Anhang). Panzerflagellaten (Dinophyceae) und Cryptophyceae waren insgesamt seltener als für Hochgebirgsseen erwartet, planktische Cyanobakterien stellten eine besonders artenarme Gruppe dar. Die meisten Taxa wurden nur in einem oder zwei Seen gefunden, mit Ausnahme von *Achnanthes minutissimum*, dem heterotrophen *Gymnodinium* cf. *lantzschii* (Tab. A2 im Anhang) und den üblichen unbestimmbaren Mikro- und Picoflagellaten.

Das Phytoplankton der fünf untersuchten Seen zeigt eine sehr geringe Diversität, mit einem höchsten Wert des Shannon-Index nur knapp unter 3 im Großen Malersee (Tab. A2 im Anhang) und besonders niedrigen Werte von Shannon- und Evenness-Index im Hungerschartensee. Das Gesamtbiovolumen des Phytoplanktons der fünf untersuchten Seen weist deutliche quantitative und qualitative Unterschiede auf. Der höchste Wert wurde im Wilden Pludersee erreicht (Abb. 7), der als mesotroph einzustufen ist. Das niedrige Gesamtbiovolumen der übrigen Seen (<0,5 mm³ L⁻¹) weist auf einen ausgeprägten oligotrophen Zustand hin. Die sehr geringen Werte von Wannenkarsee und Upiasee stehen in guter Übereinstimmung mit ihrer hohen Lage und Einzugsgebieten mit sehr schwacher Vegetationsbedeckung und Bodenentwicklung.

Abb. 7:
Phytoplankton - Gesamtbiovolumen (obere Grafik) und relative Gruppenabundanzen (untere Grafik) in den untersuchten Seen. Die rote Linie entspricht der Grenze zwischen oligotrophem (Phytoplanktonbiovolumen $<500 \text{ mm}^3 \text{ m}^{-3}$) und mesotrophem (Phytoplanktonbiovolumen $501 - 2000 \text{ mm}^3 \text{ m}^{-3}$) Zustand nach Rott (1984). HSS = Hungerschartensee; PLU = Wilder Pludersee; MAL = Großer Malersee; WKS = Wannenkarsee; UPIA = Upiasee; EUG: Euglenophyta; CHD: Desmidiaceae; CHV: Volvocales; CHC: Chlorococcales; BAC: Bacillariophyceae; CHR: Chrysophyceae; HAP: Haptophyta; DIN: Dinophyta; CRY: Cryptophyta; CYA: Cyanobakterien.



Alle untersuchten Seen zeigten eine mehr oder weniger ausgeprägte quantitative Dominanz einer einzigen Algengruppe oder Art (Abb. 7), wobei die verschiedenen dominierenden Taxa die chemischen Bedingungen der einzelnen Seen widerspiegeln. Die Dominanz von *Peridinium inconspicuum* (Dinophyceae) im Hungerschartensee kann mit dem besonders sauren pH-Wert dieses Sees ($\sim 4,7$) in Verbindung gesetzt werden. Dieses Taxon wird in Nordamerika und Europa als guter Indikator für saure Bedingungen

betrachtet (Schindler, 1985; Puggnetti & Bettinetti, 1995; Tolotti, 2001; Willén, 2003). Die relativ hohen Abundanzen von oligotraphenten und acidophilen Diatomeen (i.e. *Aulacoseira distans* var. *nivalis* und *A. alpigena*) bestätigen zusammen mit dem geringen Auftreten von Cryptophyceen und kokkalen Grünalgen (Abb. 7) die wichtige Rolle des sauren pH-Wertes bei der Artenzusammensetzung in diesem See.

Die Dominanz von Goldalgen im Wannenkarsee und im Upiasee spiegelt dagegen den leicht

sauren pH beider Seen (~6,3 und 6,4) wider und bestätigt die Ergebnisse zahlreicher Untersuchungen von leicht sauren Seen mit niedriger Leitfähigkeit und geringem Nährstoffgehalt in verschiedenen europäischen Berggebieten (e.g. Tolotti et al., 2009 und Referenzen darin).

Der Wilde Pludersee zeigte eine ausgeprägte Dominanz von zentrischen Diatomeen (i.e. *Cyclotella comensis*), was für Hochgebirgsseen unter „milderen“ Umweltbedingungen – wie oligo-mesotrophe und gut gepufferte Seen – typisch ist (Tolotti et al., 2009).

Im Großen Malersee erreichten kleine kokkale Cyanobakterien (i.e. *Cyanodictyon* cf. *planctonicum*) das höchste Biovolumen (Abb. 7). Die Chrysophyceae (mit *Ochromonas* sp., *Pseudokephyrion* cf. *taticum* und vielen kleinen Flagellaten) stellten die zweitwichtigste Gruppe dar, es folgten Chlorococcales (i.e. *Planktosphaeria gelatinosa*). Die qualitative und/oder quantitative Dominanz von Grünalgen *sensu lato* kann in Hochgebirgsseen im Spätsommer bis Herbst unter günstigen Nährstoff- und Klimabedingungen angetroffen werden (z.B. Witt, 1977; Tolotti, 2001; Tolotti et al., 2009). Das Vorherrschen von Cyanobakterien findet man üblicherweise in wärmeren und nährstoffreichen Seen (z.B. Forsström et al., 2005; Tolotti, 2006).

4.3 Phytobenthos

In den Litoralproben der untersuchten Seen wurden insgesamt 149 Diatomeentaxa bestimmt, die zum Großteil den Gruppen der achnanthoiden, fragilarioiden und naviculoiden Diatomeen angehörten. Die Mehrheit der bestimmten Arten kann als selten bezeichnet werden, *Achnanthydium minutissimum* var. *minutissimum* kam als einzige Art in allen Seen vor (Tab. A3 im Anhang). Verschiedene Arten der *Psammothidium marginulatum* – und *P. helveticum* – Sippen kamen in allen Untersuchungsgebieten außer in den gut gepufferten Seen im Ultental vor. Im Gegensatz dazu wurden fragilarioide Arten (wie *Staurosira venter*, *S. brevistriata*) und *Cymbella parva* vorwiegend im Wilden Pludersee und im Schwarzsee im Ultental und im Großen Malersee im Raintal nachgewiesen. Die Diatomeengemeinschaften der untersuchten Seen zeigten eine durchschnittlich geringe Biodiversität (Tab. A3 im Anhang). Benthische Pennales zeigten eine ausgeprägte Dominanz

(ca. 70-100%), einzellige zentrische Diatomeen (i.e. *Cyclotella comensis*) wurden nur im Wilden Pludersee und im Schwarzsee bestimmt.

Insgesamt bestand die Mehrheit der in den untersuchten Seen bestimmten Diatomeen aus zirkumneutralen und alkaliphilen Taxa (Abb. 8), die in den Seen mit pH-Werten über ca. 6,5 besonders häufig waren (i.e. Upiasee, Wilder Pludersee, Schwarzsee, Langsee, Großer Malersee). Die alkaliphile Gruppe bestand aus Vertretern mehrerer Gattungen, insbesondere *Fragilaria sensu lato*, *Encyonema*, *Nitzschia*, und erreichte die höchsten Häufigkeiten im Wilden Pludersee (ca. 66%) und im Großen Malersee (ca. 70%, Abb. 8). Fädige zentrische Diatomeen (i.e. *Aulacoseira distans* var. *nivalis* und *A. alpigena*) erreichten nur in den sauren Seen (Hungerschartensee und z.T. Großer Malersee) mäßige Häufigkeiten (Abb. 8 und Tab. A3 im Anhang), wo sie zusammen mit anderen Indikatoren von saurem pH (insbesondere *P. acidoclinatum*, *E. exigua*, und *Frustulia crassinervia*) auftraten. Andere säureliebende (azidophile) Arten, wie die meisten achnanthoiden Diatomeen, *Encyonema*- und *Eunotia*-Arten, *Brachisyras brebissonii* und *Chamaepinnularia mediocris*, erreichten nur in den Seen mit pH-Werten unter 7 mittlere Abundanzen.

Oligotraphente Diatomeen stellten in den meisten untersuchten Seen die häufigste Gruppe dar (Abb. 8), mit Ausnahme der drei Ultner Seen (Wilder Pludersee, Schwarzsee, Langsee) und des Großen Malersees, in denen oligo-mesotrophe bis eutraphente Arten insgesamt häufiger waren. Die Trophieklassifikation nach Hofmann (1994) stuft diese Seen dementsprechend als oligo-mesotroph ein, während alle übrigen Seen als oligotroph klassifiziert wurden (Abb. 8).

Die Diatomeengemeinschaften des Großteils der untersuchten Seen wurden ausschließlich von Arten gebildet, die hauptsächlich im Wasser vorkommen, oder im Wasser und an feuchten Stellen ansiedeln können (Abb. 8, untere Grafik). Dies stimmt mit den geringen saisonalen Schwankungen des Wasserspiegels dieser Seen überein. Im Gegensatz dazu wurden in Seen mit ausgeprägten Schwankungen des Wasserspiegels (wie Upiasee und Upias-Lacke; Thaler, pers. Mitt.) größere Anteile an Arten bestimmt, die dank ihrer ausgeprägten Toleranz gegenüber Austrocknung vorwiegend bis ausschließlich an feuchten Stellen vorkommen (Abb. 8).

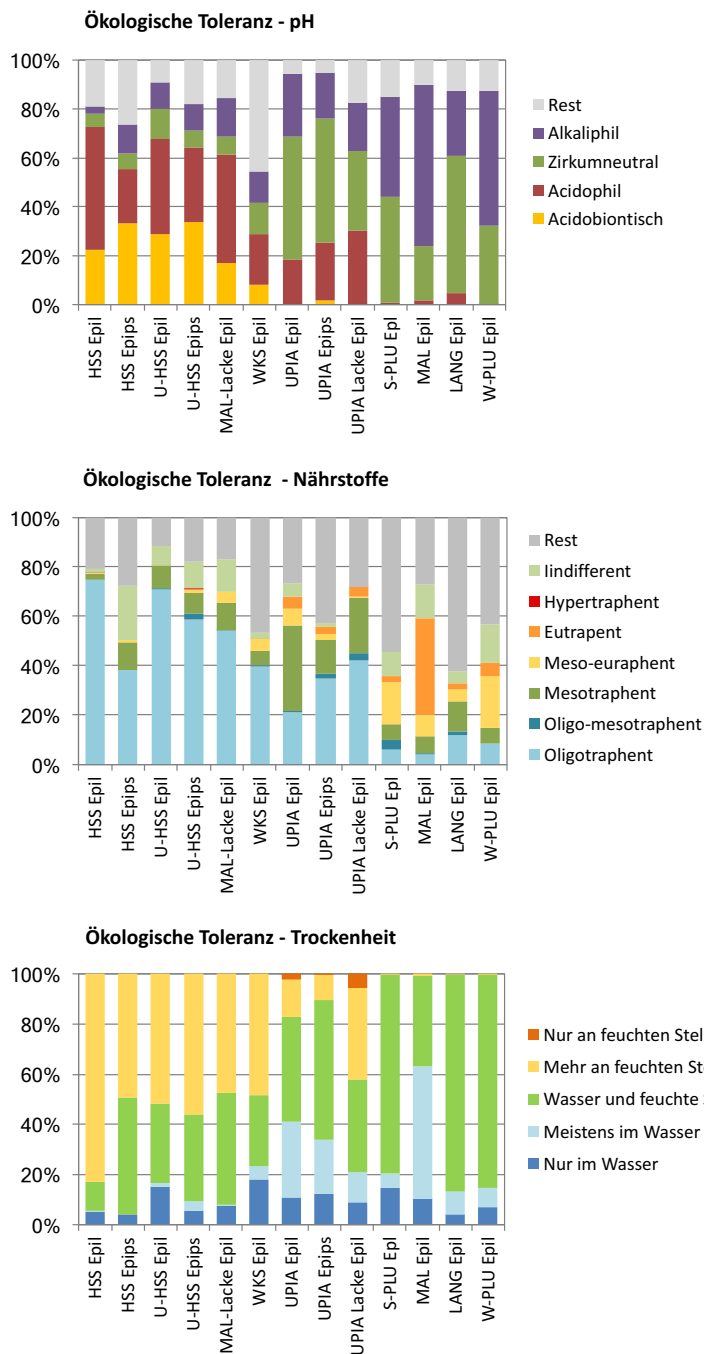


Abb. 8: Relative Abundanz von Diatomeen mit unterschiedlicher Toleranz gegenüber pH - Wert (obere Grafik), Nährstoffgehalt (mittlere Grafik) und Austrocknung des Substrats (untere Grafik) in den untersuchten Seen. Anordnung und Abkürzungen der untersuchten Seen wie in Abb. 7.

4.4 Zooplankton

In den 24 Seen, in denen das Zooplankton untersucht wurde, traten insgesamt 16 Rädertiertaxa auf, davon waren 11 echte Pelagialarten und 5 vorwiegend benthisch lebende Arten (Tab. A4 im Anhang). In den einzelnen Seen wurden zwischen 1 und 6 Arten beobachtet, die Artenvielfalt war in der Gruppe der unbeeinflussten Seen mit 16 Taxa höher als in der der blockgletscherbeeinflussten Seen, in denen nur 7 Arten vorkamen.

Die größte Verbreitung erreichte *Polyarthra gr. vulgaris-dolichoptera* (Abb. 9), die in beiden Seen-gruppen relativ häufig war. *Keratella gr. quadrata*, die in etwa der Hälfte der Seen auftrat, wurde hauptsächlich in unbeeinflussten Seen beobachtet. Weiters von Bedeutung waren *Lecane* sp. und *Keratella cochlearis*, die beide vor allem in blockgletscherbeeinflussten Seen anzutreffen waren. *Lecane* sp. stellte in zwei sauren Seen die einzige Rädertierart dar. In blockgletscherbeeinflussten

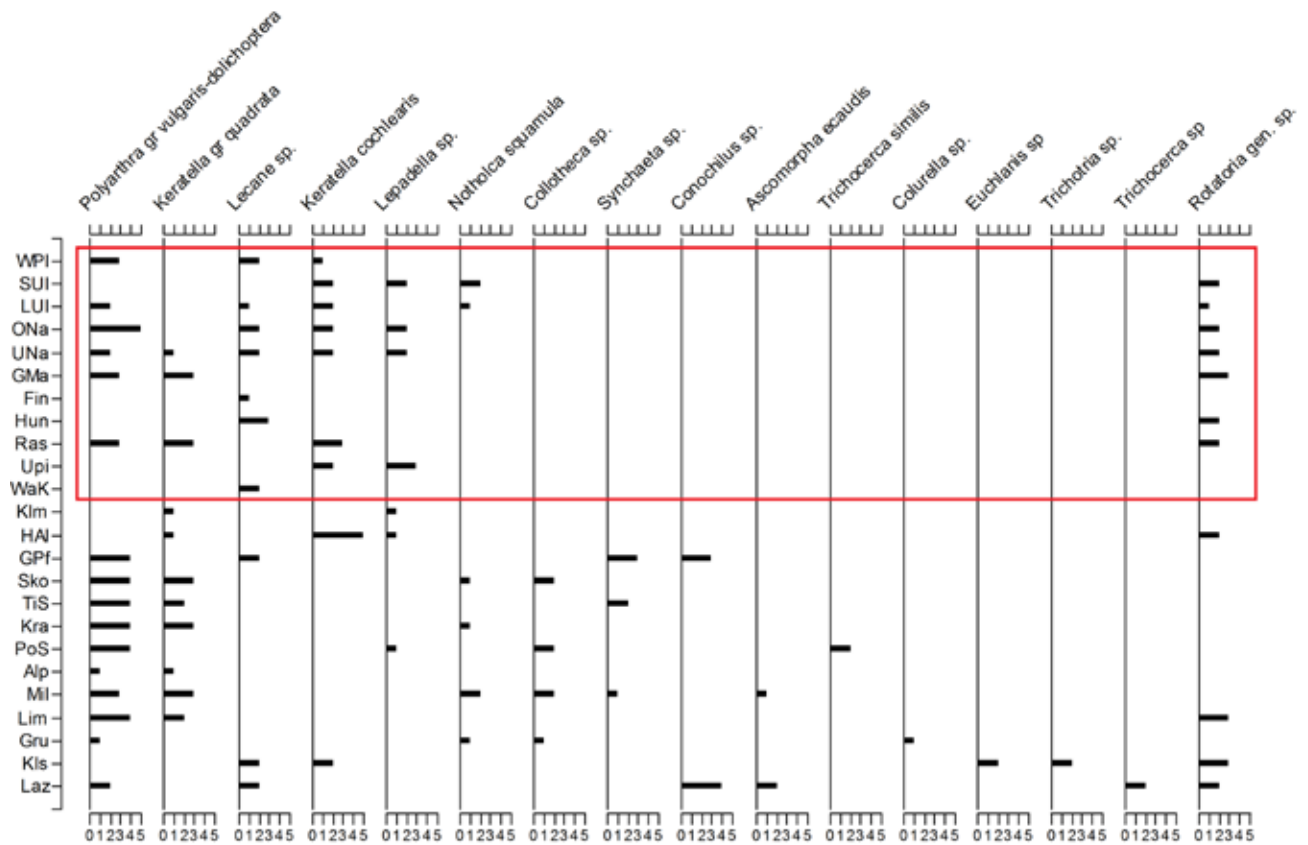


Abb. 9: Häufigkeitsklassen der Rädertiere in den untersuchten Seen. 1 = Einzelfund, 2 = selten, 3 = vorhanden, 4 = häufig, 5 = sehr häufig. Roter Rahmen = blockgletscherbeeinflusste Seen. Erklärung der Akronyme der Seen in Tab. 1.

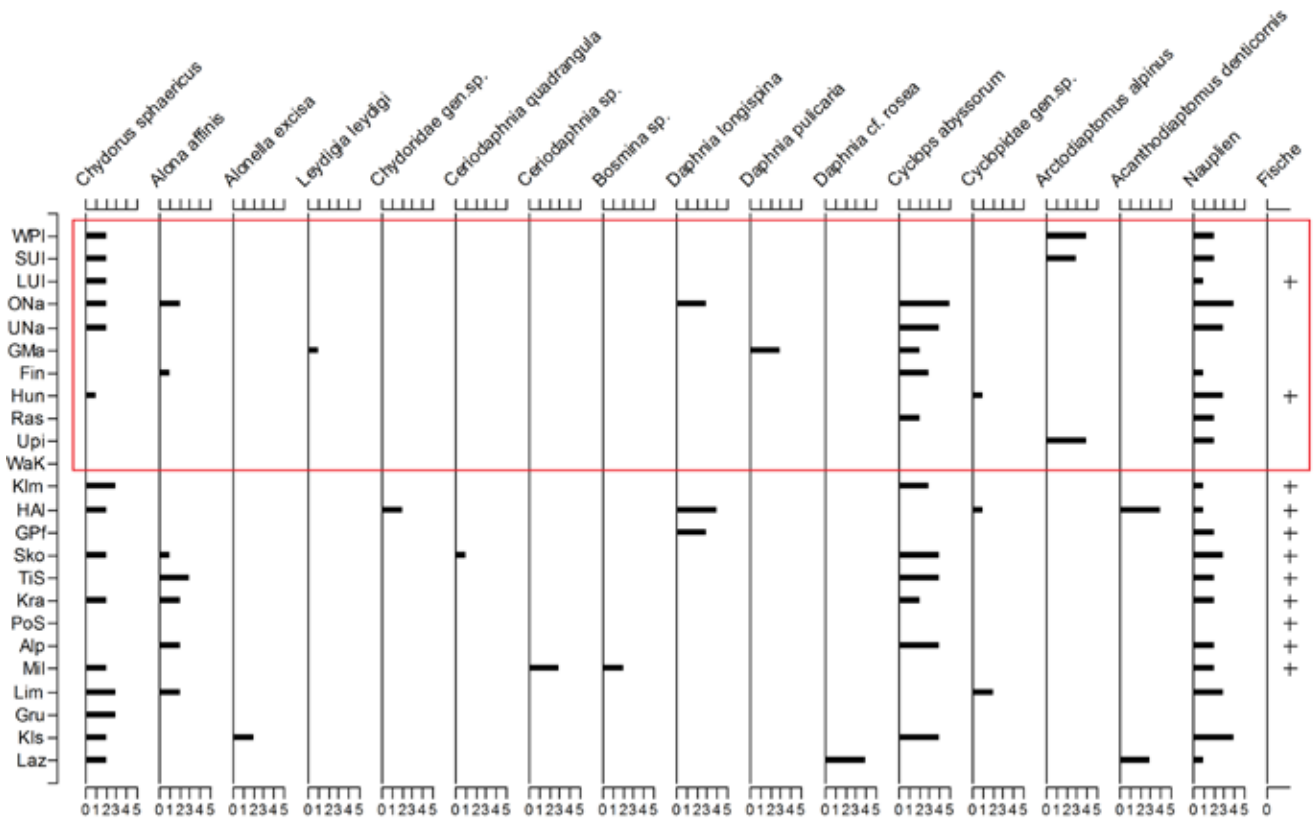


Abb. 10: Häufigkeitsklassen der Crustaceen in den untersuchten Seen. 1 = Einzelfund, 2 = selten, 3 = vorhanden, 4 = häufig, 5 = sehr häufig. Roter Rahmen = blockgletscherbeeinflusste Seen. Erklärung der Akronyme der Seen in Tab. 1.

Seen kamen außerdem noch *Lepadella* sp. und *Notholca squamula* vor, alle übrigen Arten waren auf die unbeeinflussten Seen beschränkt.

Das Crustaceenplankton setzte sich aus 11 Blattfußkrebsarten (Cladocera) und 4 Ruderfußkrebsarten (Copepoda) zusammen (Tab. A4 im Anhang). In den einzelnen Seen wurden 0-3 Cladocerenarten und 0-2 Copepodenarten gefunden. In den beiden Seengruppen traten insgesamt etwa gleich viele Arten auf. Die Art mit der größten Verbreitung war der Blattfußkrebs *Chydorus sphaericus* (Abb. 10). Der Ruderfußkrebs *Cyclops abyssorum* trat in etwa der Hälfte der untersuchten Seen auf und erreichte dort relativ hohe Dichten. Unter den Blattfußkrebsen spielte nur noch *Alona affinis* eine Rolle, die vor allem in unbeeinflussten Seen anzutreffen war. Erwähnenswert sind außerdem das trotz Fischbesatz gehäufte Auftreten von *Daphnia longispina* im Großen Pfaffensee, die relativ hohen Dichten von *Daphnia pulicaria* im Großen Malersee und *Daphnia* cf. *rosea* im Lazaunsee sowie die hohen Dichten von *Arctodiaptomus alpinus* in 3 blockgletscherbeeinflussten Seen.

Die relativ geringe Artenanzahl und vor allem die geringe Individuendichte der Rädertiere in den untersuchten Seen dürfte auf den Beprobungszeitpunkt im Herbst zurückzuführen sein. Untersuchungen über die jahreszeitliche Verteilung der Rädertiere haben gezeigt, dass diese Tiergruppe während der Eisbedeckung den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreicht und dass die Populationsdichten gegen Ende der eisfreien Periode sehr niedrig sein können (Cammarano & Manca, 1997; Tolotti et al., 2006; Tiberti et al., 2013).

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung entsprechen den Beobachtungen an anderen Hochgebirgsseen, in denen ebenfalls *Polyarthra* gr. *vulgaris*-*dolichoptera*, *Keratella* gr. *quadrata* und *Keratella cochlearis* die häufigsten Rädertierarten waren (Brancelj (ed.), 2002; Thaler et al., 1991; Schaber, 1988). Aufgrund der einmaligen Beprobung und des Zeitpunkts der Beprobung können die geringere Artenanzahl und das Auftreten bestimmter Arten in den blockgletscherbeeinflussten Seen nur mit großem Vorbehalt als charakteristisch für diese Seen angesehen werden.

Auch das Crustaceenplankton der untersuchten Seen spiegelt eine für Hochgebirgsseen typische Situation wider. In Hochgebirgsseen ist die Artenanzahl der Blattfußkrebs durchwegs gering und sehr häufig ist *Chydorus sphaericus* die wichtigste Art (Bigler et al., 2006). *Chydorus sphaericus* besitzt eine breite ökologische Valenz und lebt bevorzugt benthisch, kann aber bei hoher Populationsdichte planktisch werden (Frey, 1988). Die Ruderfußkrebs *Cyclops abyssorum* und *Arctodiaptomus alpinus* sind typische Bewohner der Hochgebirgsseen der Alpen, in denen sie bei fehlendem Fischbestand hohe Abundanzen erreichen können (Jersavek et al., 2001). Das Fehlen von *Arctodiaptomus alpinus* in den unbeeinflussten Seen ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass viele davon einen Fischbestand aufweisen. *Daphnia*-Arten, die in Hochgebirgsseen ebenfalls weit verbreitet sind (Tolotti et al., 2006), wurden in dieser Studie nur in 5 von 24 Seen gefunden, ein Zusammenhang mit pH-Wert (*Daphnia* sp. verschwindet in sauren Gewässern), Fischbesatz und Seetiefe (*Daphnia*-Arten kommen vor allem in tieferen Gewässern vor) wäre denkbar.

4.5 Zoobenthos

4.5.1 Seeufer

Makrobenthos

In den 29 untersuchten Seen wurden insgesamt 98 Taxa bestimmt (Tab. A4 im Anhang). Es wurden Vertreter verschiedenster Tiergruppen angetroffen, hauptsächlich aber Insektenlarven und Würmer. Unter den Insektenlarven stellte die Dipterenfamilie der Chironomiden den Hauptanteil dar. Chironomiden und Oligochaeten (Ringelwürmer - Wenigborster) bildeten im Durchschnitt aller Seen 92% des gesamten Makrozoobenthos, wobei kein deutlicher Unterschied zwischen blockgletscherbeeinflussten und unbeeinflussten Seen festgestellt werden konnte. Die Insektenfamilien der Eintagsfliegen (Ephemeroptera), Steinfliegen (Plecoptera) und Köcherfliegen (Trichoptera), die sog. EPT-Taxa, wurden mit einer Ausnahme nur in den unbeeinflussten Seen angetroffen (Tab. 5).

	TURB	GAST	BIVA	OLIG	HIRU	ARAC	EPHE	PLEC	TRIC	COLE	DIPT
Wilder Pludersee	0	0	x	x	0	x	0	0	0	0	x
Schwarzsee (Ulten)	0	0	0	x	0	x	0	0	0	0	x
Oberer Hungersee	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	x
Lacke ober Upiasee	0	0	0	x	0	0	0	x	0	0	x
Obere Napfenlacke	0	0	x	x	0	0	0	0	0	x	x
Untere Napfenlacke	0	0	0	x	0	x	0	0	0	0	x
Fischersee	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	x
Großer Malersee	0	0	x	x	0	0	0	0	0	x	x
Finailsee	0	0	x	x	0	x	0	0	0	0	x
Hungerschartensee	0	0	0	x	0	x	0	0	0	x	x
Rasass-See	0	0	0	x	0	0	0	0	0	x	x
Upiasee	0	0	0	x	0	0	0	0	0	x	x
Wannenkarsee	0	0	0	x	0	x	0	0	0	0	x
Klammsee	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	x
Hochalpensee	0	0	x	x	x	x	0	0	x	0	x
Großer Pfaffensee	0	x	x	x	0	x	0	0	x	0	x
Südl. Koflrastsee	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	x
Timmelsschwarzsee	x	0	x	x	0	x	0	x	0	0	x
Kratzbergersee	0	0	0	x	0	x	0	0	x	0	x
Pojen-Schwarzsee	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	x
Waldnersee	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	x
Alpanersee	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	x
Milchsee	0	0	0	x	0	x	0	0	0	0	x
Moarer Egetsee	0	0	x	x	0	x	x	x	x	0	x
Limosee	0	0	0	x	0	x	0	0	0	0	x
Grünsee	0	0	0	0	0	x	x	x	0	0	x
Klaussee	0	0	x	x	0	x	0	x	x	0	x
Sennes-See	0	0	0	x	x	0	0	0	0	0	x
Lacke neben Malersee	0	0	0	x	0	0	0	0	0	x	x

Tab. 5: Auftreten der Makrofauna-Großgruppen in den blockgletscherbeeinflussten (grau unterlegt) und in den unbeeinflussten Seen. TURB = Turbellaria, GAST = Gastropoda, BIVA = Bivalvia, OLIG = Oligochaeta, HIRU = Hirudinea, ARAC = Arachnida, EPHE = Ephemeroptera, PLEC = Plecoptera, TRIC = Trichoptera, COLE = Coleoptera, DIPT = Diptera.

Muscheln (fast ausschließlich die Gattung *Pisidium*) wurden sowohl in blockgletscherbeeinflussten als auch in unbeeinflussten Seen beobachtet. Wassermilben (Acari) waren relativ häufige Vertreter der Uferfauna beider Seengruppen. Käferlarven (Coleoptera) wurden in blockgletscherbeeinflussten Seen häufiger vorgefunden als in den übrigen Seen.

Das Makrozoobenthos des Ufers der unbeeinflussten Seen war im Durchschnitt artenreicher und gleichmäßiger verteilt als das der blockgletscherbeeinflussten Seen, was sich in den höheren Diversitätswerten (Shannon-Index, Abb. 11) und den niedrigeren Dominanzwerten (Abb. 11) ausdrückt. Die höhere Diversität ist auf das Auftreten

von EPT-Taxa und anderer empfindlicher Arten in diesen Seen zurückzuführen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Erhebung stimmen mit den Beobachtungen anderer Autoren überein (Kownacki et al., 2000; Boggero et al., 2006; Füreder et al., 2006; Fjellheim et al., 2009; Ungermanova et al., 2014). Füreder et al. (2006) fanden in einer Untersuchung der Seen verschiedener Hochgebirgsregionen der Alpen eine vergleichbare Artenanzahl und eine ähnliche Zusammensetzung. Die Uferfauna bestand hauptsächlich aus Chironomidenlarven, EPT-Taxa traten in geringer Anzahl auf, wurden aber in mehr als der Hälfte der 55 in der Untersuchung erfassten Seen angetroffen, was in etwa

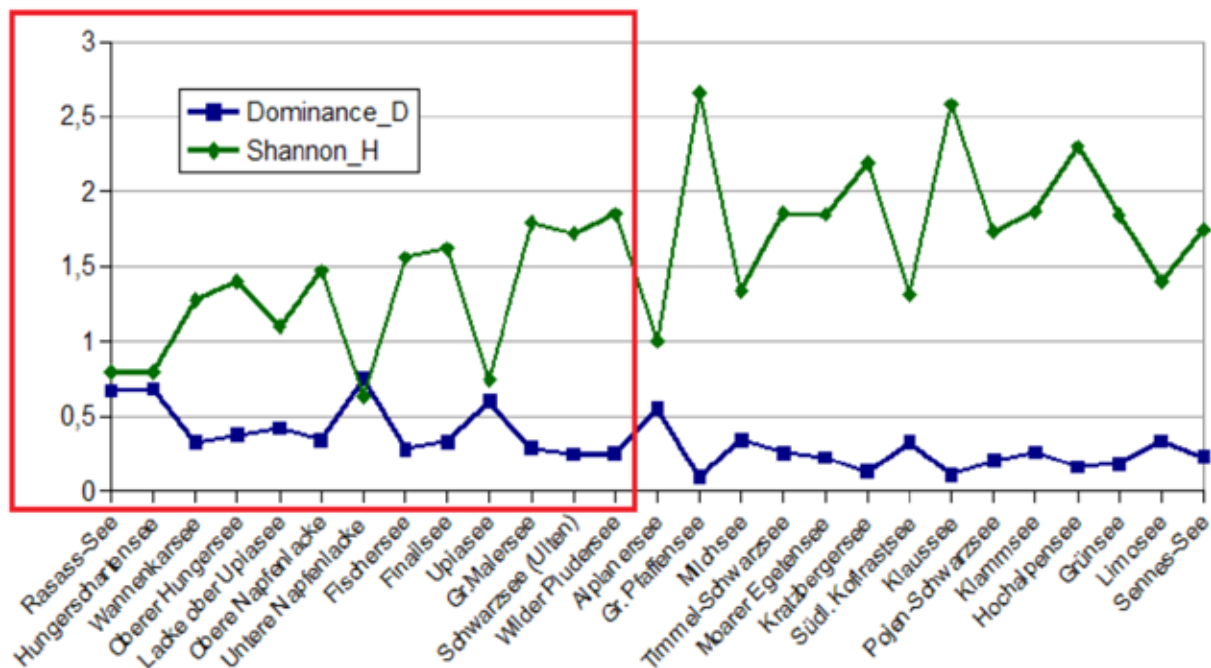


Abb. 11: Diversität und Dominanz des Makrobenthos des Uferbereichs der untersuchten Seen. Roter Rahmen = blockgletscherbeeinflusste Seen.

der Situation in den unbeeinflussten Seen dieser Studie entspricht. Das Fehlen der EPT-Taxa in den blockgletscherbeeinflussten Seen kann auf die Empfindlichkeit dieser Arten gegenüber niedrigen pH-Werten, aber auch gegenüber anderen chemisch-physikalischen Bedingungen (z.B. Schwermetalle) zurückzuführen sein.

Chironomiden

Die Chironomiden stellten die arten- und individuenreichste Gruppe des Makrozoobenthos des Uferbereichs der 29 untersuchten Seen dar. Im Mittel aller Seen bildeten die Chironomiden 68 % der gesamten Fauna, wobei sich kein Unterschied zwischen Seen mit Blockgletschereinfluss und unbeeinflussten Seen ergab. Insgesamt wurden 43 Taxa bestimmt (Tab. A4 im Anhang), in den einzelnen Seen lag die Anzahl der Chironomidentaxa zwischen 1 und 9. Die mittlere Anzahl der Taxa pro See betrug sowohl in den blockgletscherbeeinflussten Seen als auch in den unbeeinflussten Seen 5 Taxa.

Die Unterfamilie der Orthocladiinae wurde mit einer Ausnahme in allen untersuchten Seen

angetroffen (Abb. 12). Am zweithäufigsten waren die Tanytarsini (Tribus aus der Unterfamilie der Chironominae), es folgten die Tanypodinae. Während die mittlere relative Häufigkeit der Orthocladiinae in den blockgletscherbeeinflussten und in den unbeeinflussten Seen in etwa gleich hoch war (um 50%), lag die mittlere relative Häufigkeit der Tanytarsini in den blockgletscherbeeinflussten Seen deutlich über der Häufigkeit in den übrigen Seen (58% gegenüber 32%). Die Tanypodinae erreichten in beiden Seengruppen eine mittlere Häufigkeit um 12 %.

Die Orthocladiinae wiesen mit 18 Taxa die höchste Artenanzahl auf, die Tanytarsini und die Tanypodinae waren jeweils mit 8 Taxa vertreten, die übrigen Gruppen setzten sich aus maximal 7 Taxa zusammen (Tab. A4 im Anhang).

Die Art mit der größten Verbreitung war *Paratanytarsus austriacus* (Tanytarsini, Abb.13), wobei die mittlere relative Häufigkeit dieser Art in den blockgletscherbeeinflussten Seen deutlich höher war als in den übrigen Seen (53% gegenüber 29%). Eine weitere sehr verbreitete Art war *Corynoneura arctica* (Orthocladiinae), deren relativer Anteil in beiden Seentypen im Mittel ungefähr

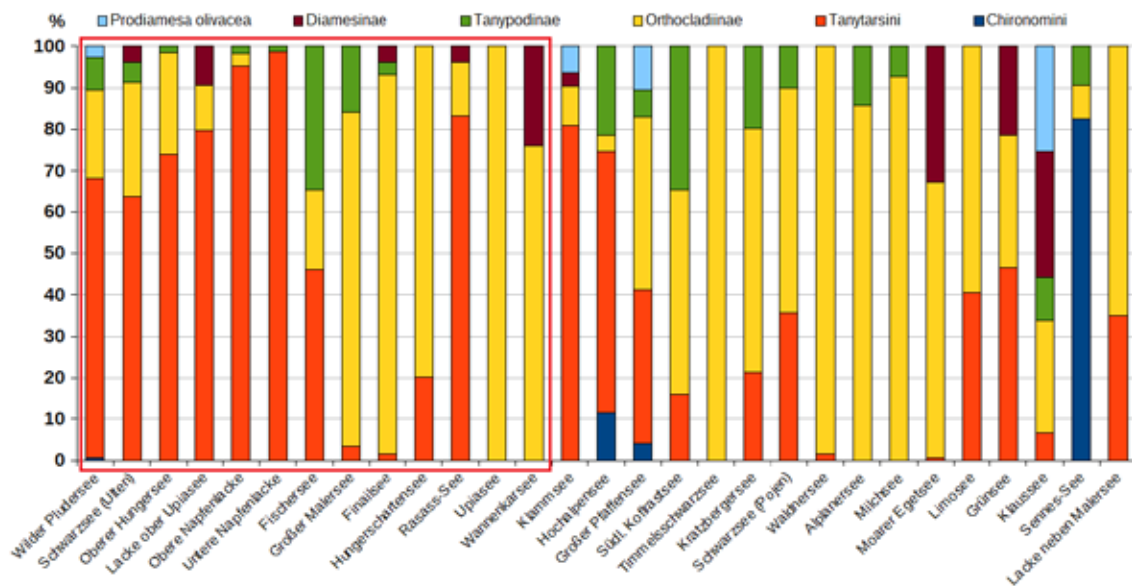


Abb. 12: Relative Häufigkeit der Chironomidengruppen im Uferbereich der untersuchten Seen. Roter Rahmen = blockgletscherbeeinflusste Seen.

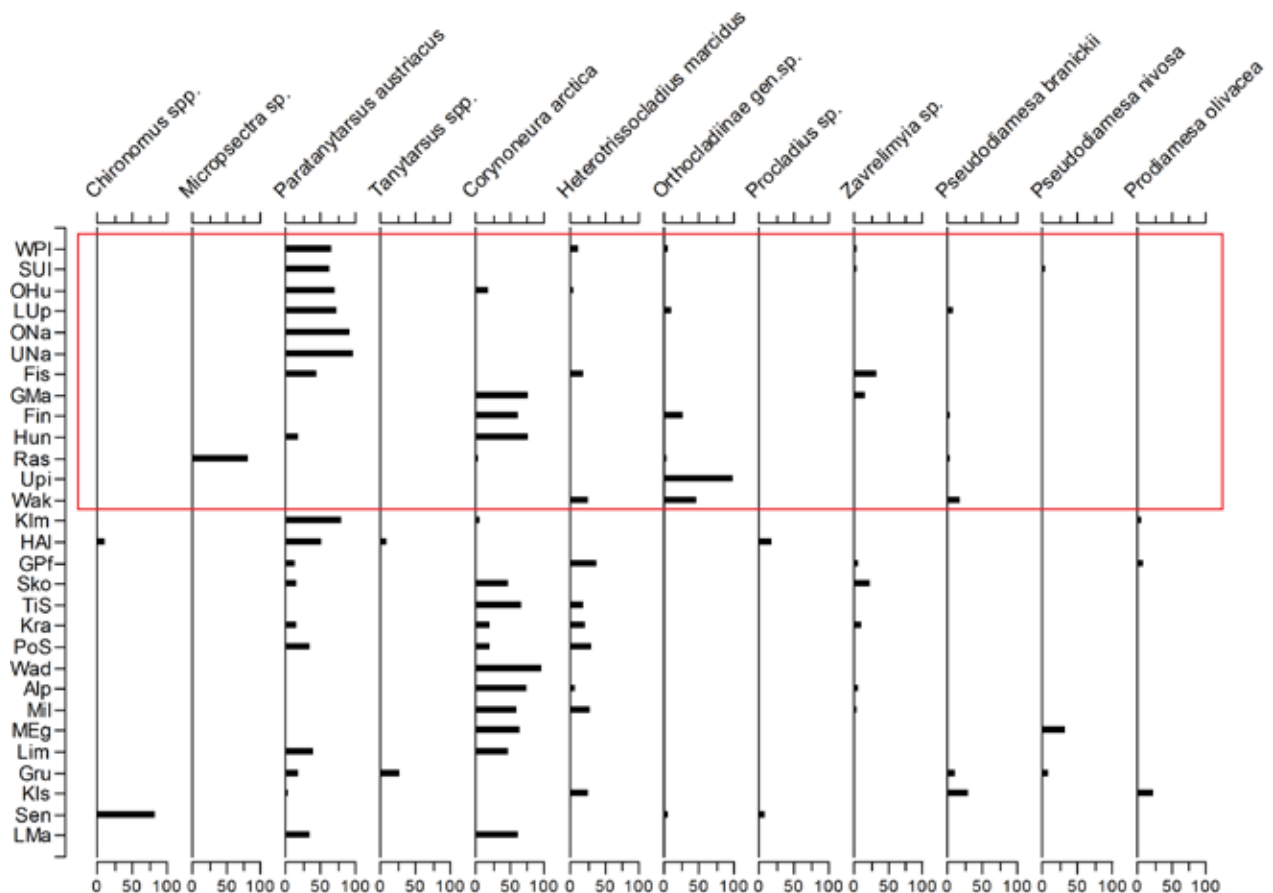


Abb. 13: Relative Häufigkeit (%) der wichtigsten Chironomidentaxa im Uferbereich der untersuchten Seen. Roter Rahmen = blockgletscherbeeinflusste Seen. Erklärung der Akronyme der Seen in Tab. 1.

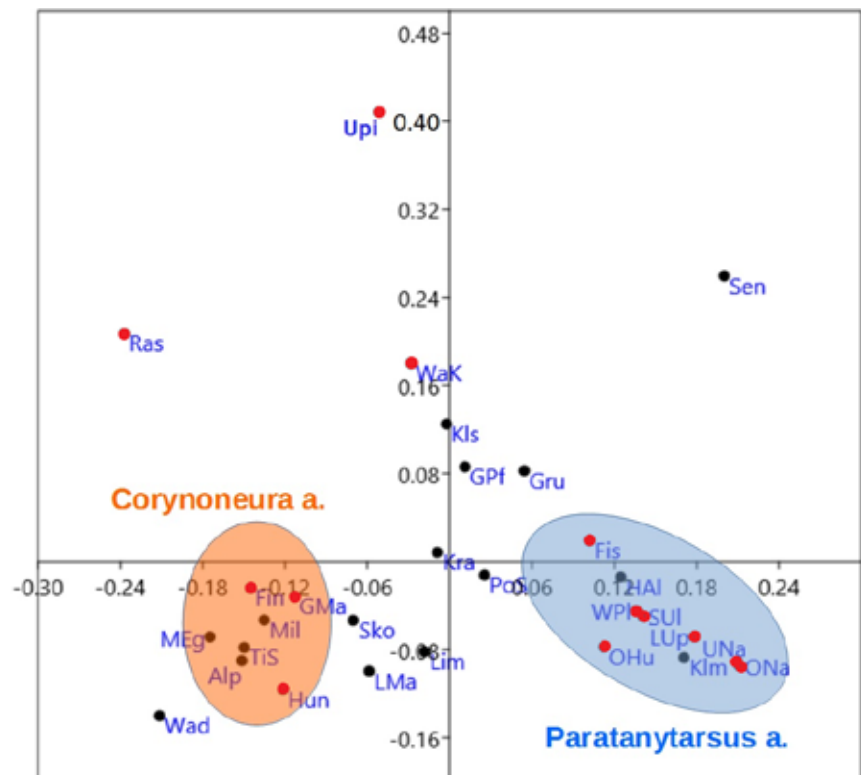
gleich hoch war und um 45% lag. Eine wichtige Rolle spielte außerdem *Heterotrissocladius marcidus* aus der Gruppe der Orthoclaadiinae. In den unbeeinflussten Seen war die mittlere relative Häufigkeit dieser Art höher als in den übrigen Seen (25% gegenüber 9%).

Auch Boggero et al. (2006) beobachteten in einer Untersuchung der Chironomiden von Hochgebirgsseen der Alpen ein Dominieren der Orthoclaadiinae sowohl was die Artenanzahl als auch was die Häufigkeit betraf. An zweiter Stelle standen die Tanytarsini, die jedoch nicht so hohe Abundanzen wie in den blockgletscherbeeinflussten Seen der vorliegenden Untersuchung erreichten. Das im Rahmen dieser Studie beobachtete Artenspektrum mit *Paratanytarsus austriacus*, *Corynoneura arctica* und *Heterotrissocladius marcidus* als häufigsten Arten entspricht weitgehend dem Artenspektrum, das in anderen Hochgebirgsseen der Alpen gefunden wurde (Füreder et al., 2006; Boggero et al., 2006).

Die Ähnlichkeit der Chironomiden-Gemeinschaften der einzelnen Seen wird in Abb. 14 anhand eines nMDS-Plots (nicht metrische

multidimensionale Skalierung) dargestellt. Nahe gelegene Punkte stellen Seen dar, die sich ähnlich sind, d.h. die eine ähnliche Zusammensetzung und ähnliche Häufigkeiten der einzelnen Arten aufweisen. Die Gruppe von Seen auf der rechten Bildhälfte setzt sich hauptsächlich aus blockgletscherbeeinflussten Seen mit pH-Werten um oder über dem Neutralpunkt zusammen (rote Punkte). In diesen Seen war *Paratanytarsus austriacus* die vorherrschende Chironomidenart. Für eine weitere Gruppe von Seen, in der sich auch einige beeinflusste Seen befinden, war *Corynoneura arctica* charakteristisch. Drei weitere Seen mit Blockgletschereinfluss, der Rasass-See, der Upiasee und der Wannenkarsee, die saure pH-Werte und einen erhöhten Schwermetallgehalt aufwiesen, unterschieden sich in ihrer Zusammensetzung völlig von den übrigen Seen. Während beim Upiasee auch die für diesen See typischen starken Wasserspiegelschwankungen eine Rolle spielen, könnte in den beiden anderen Seen der Schwermetallgehalt einen entscheidenden Einfluss auf die Artenzusammensetzung haben. Die Chironomidenzusammensetzung des Sennes-Sees (rechts

Abb. 14:
Ähnlichkeit der Chironomidenzusammensetzung im Uferbereich der untersuchten Seen (nMDS-Plot). Rote Punkte = blockgletscherbeeinflusste Seen, schwarze Punkte = unbeeinflusste Seen. Erklärung der Akronyme der Seen in Tab. 1.



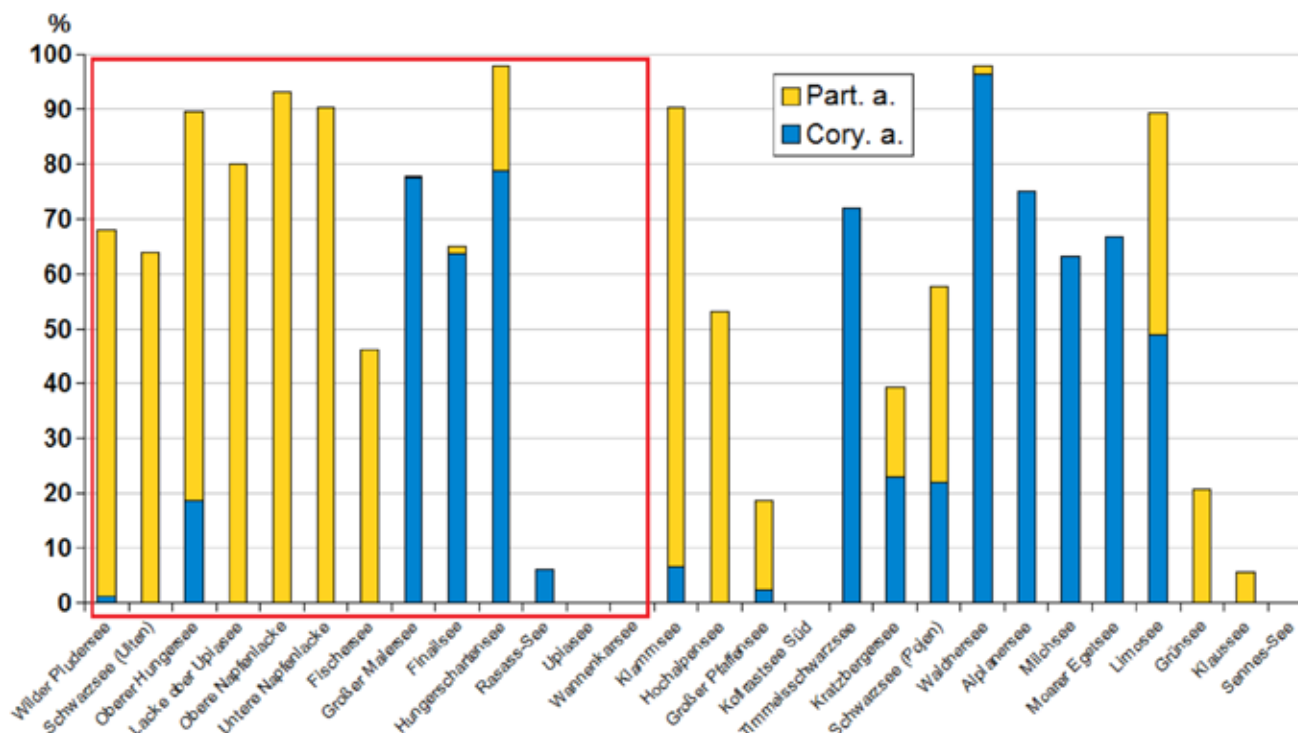


Abb. 15: Relative Häufigkeit von *Corynoneura arctica* und *Paratanytarsus austriacus* im Uferbereich der untersuchten Seen. Roter Rahmen = blockgletscherbeeinflusste Seen.

oben) unterschied sich aufgrund des hohen Nährstoffgehalts sehr stark von der der übrigen Seen. Abb. 15 zeigt die relative Häufigkeit der beiden Charakterarten *Paratanytarsus austriacus* und *Corynoneura arctica*. *Paratanytarsus* dominiert in den blockgletscherbeeinflussten Seen mit alkalischem oder leicht saurem pH und erreicht relative Häufigkeiten bis zu 90%. Diese Art ist in den Hochgebirgsseen der Alpen weit verbreitet, jedoch selten so dominant. So fanden Füreder et al. (2006) in 55 Hochgebirgsseen der Lombardei, der Schweiz und Nord- und Südtirols eine maximale relative Häufigkeit von ca. 50%. *Paratanytarsus*-Arten bevorzugten pH-Werte im alkalischen Bereich und höhere Nährstoffbedingungen und scheinen unempfindlich gegenüber niedrigen Sauerstoffkonzentrationen zu sein (Boggero et al., 2006; Reuss et al., 2010; Guo et al., 2013). Möglicherweise bedingen indirekte Einflüsse des hohen Sulfatgehalts (Kleeberg, 2014) und andere Substanzen der Blockgletscherabflüsse gute Nahrungsbedingungen und schlechte Sauer-

stoffverhältnisse am Seeboden und führen so zu Umweltbedingungen, die dieser Art einen Konkurrenzvorteil gegenüber anderen, empfindlicheren, Arten verschaffen. Die zweite für Seen mit Blockgletschereinfluss charakteristische Art, *Corynoneura arctica*, ist in Hochgebirgsseen ebenfalls sehr häufig, bevorzugt im Gegensatz zu *Paratanytarsus* jedoch saures Milieu (Boggero et al., 2006) wie etwa beim Finailsee und beim Hungerschartensee.

Oligochaeten

Die Oligochaeten stellten die zweitwichtigste Gruppe der Uferfauna der untersuchten Seen dar. Ihr Anteil an der Gesamtfaua lag im Mittel aller Seen bei 24%. Insgesamt wurden 20 Taxa (Tab. A4 im Anhang) bestimmt, die Taxa-Anzahl in den einzelnen Seen lag zwischen 0 und 9. Im Mittel aller Seen wurden 3 Taxa pro See gefunden. Zwischen Seen mit Blockgletschereinfluss und unbeeinflussten Seen konnte kein deutlicher Unterschied beobachtet werden.

Die Enchytraeidae waren die am häufigsten vertretene Familie (Abb. 16), es folgten die Lumbriculidae und die Tubificidae. Auch hier ergab sich kein Unterschied zwischen beeinflussten und unbeeinflussten Seen. Die Enchytraeidae hatten im Mittel den höchsten Anteil an der Gesamtpopulation (60%), es folgten die Tubificidae mit 47% und die Lumbriculidae mit 33%.

Die Tubificidae wiesen mit insgesamt 10 Arten (5 Gattungen) die höchste Taxa-Anzahl auf, die Enchytraeidae setzten sich aus 5 Arten (5 Gattungen) zusammen. Die Lumbriculidae waren nur durch die beiden Arten *Lumbriculus variegatus* und *Stylodrilus heringianus* vertreten, die 6 Arten der Naididae gehörten allesamt der Gattung *Nais* an.

Die Oligochaetenart mit der größten Verbreitung war *Cognettia* sp. aus der Familie der Enchytraeidae (Abb. 17). *Cognettia* erreichte in den beeinflussten Seen eine etwas höhere mittlere relative Häufigkeit als in den unbeeinflussten Seen (48 % gegenüber 39%). *Stylodrilus heringianus* aus der Familie der Lumbriculidae wurde in beiden Seengruppen mit einer mittleren

relativen Häufigkeit um 30% vorgefunden. *Cernosvitoviella atrata* (Enchytraeidae) war eher in unbeeinflussten Seen und *Tubifex tubifex* (Tubificidae) eher in beeinflussten Seen anzutreffen. Die Untersuchungsergebnisse stimmen mit den Beobachtungen von Dumnicka & Galas (2002) überein, die Enchytraeidae, Tubificidae und Lumbriculidae als typische Vertreter der Oligochaeten in Hochgebirgsseen des Tatra-Gebirges fanden, wobei die semiaquatische Familie der Enchytraeidae in Seen mit einer Eisbedeckung von mehr als 8 Monaten und starken Wasserspiegelschwankungen vielfach dominierte. *Cernosvitoviella* sp., *Cognettia* sp. und *Stylodrilus heringianus*, die in den im Rahmen dieser Studie untersuchten Seen die quantitativ wichtigsten Oligochaeten waren, sind auch in anderen Hochgebirgsseen die häufigsten Arten (Dumnicka & Boggero, 2007; Dumnicka et al., 2014). Deutliche Unterschiede zwischen der Oligochaetenfauna blockgletscherbeeinflusster Seen und Seen ohne diesen Einfluss konnten anhand der vorliegenden Daten nicht festgestellt werden.

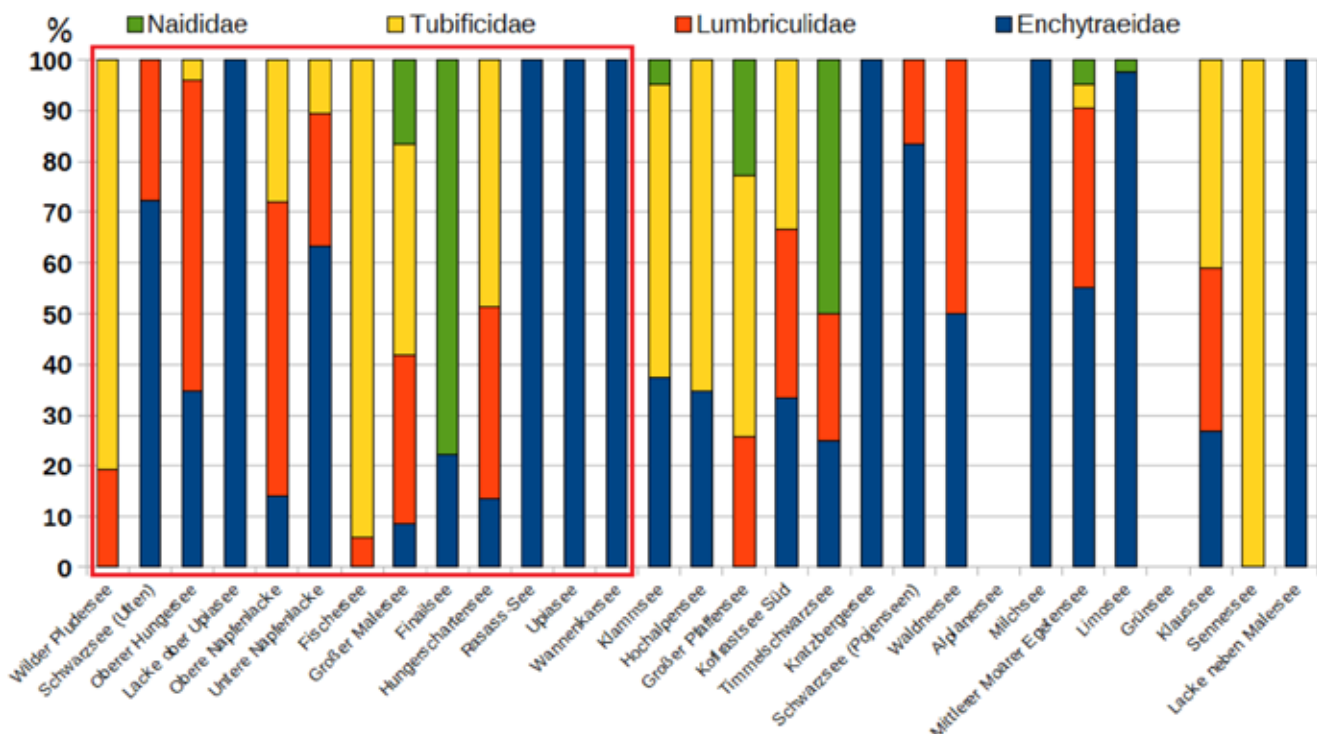


Abb. 16: Relative Häufigkeit der Oligochaetenfamilien im Uferbereich der untersuchten Seen. Roter Rahmen = blockgletscherbeeinflusste Seen. Im Alpanersee und im Grünsee wurden keine Oligochaeten angetroffen.

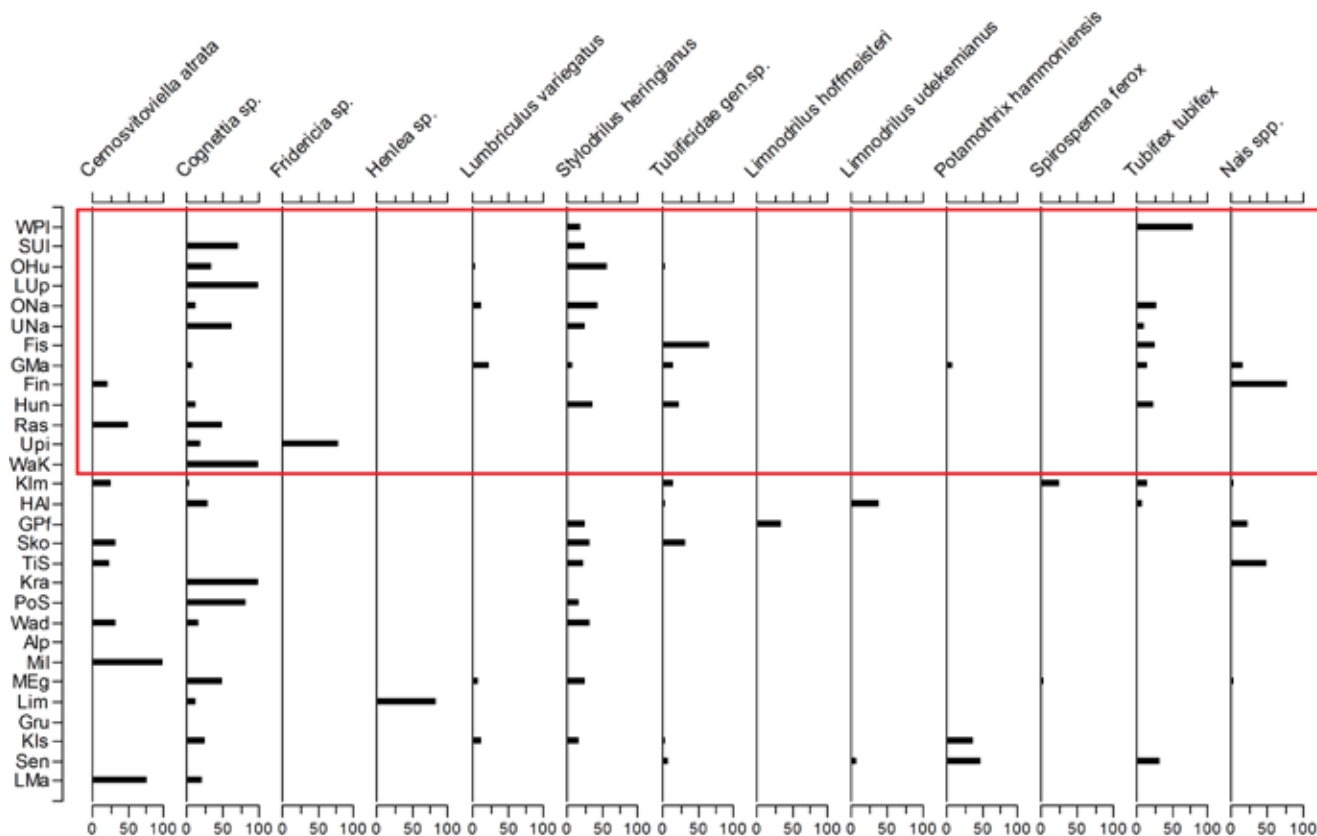


Abb. 17: Relative Häufigkeit (%) der wichtigsten Oligochaetentaxa im Uferbereich der untersuchten Seen. Roter Rahmen = blockgletscherbeeinflusste Seen. Erklärung der Akronyme der Seen in Tab. 1.

Meiobenthos

In der vorliegenden Studie wurden nur die Krebse (Crustacea) erfasst, die in den untersuchten Seen durch die Kleinkrebsgruppen der Cladoceren (Blattfußkrebse, Branchiopoda), Copepoden (Ruderfußkrebse, Maxillopoda) und Ostracoden (Muschelkrebse, Ostracoda) vertreten waren. Copepoden traten in allen 30 untersuchten Seen auf, Cladoceren wurden in 27 Seen und Ostracoden in 22 Seen beobachtet. Die Cladoceren erreichten mit 50% die höchste mittlere relative Häufigkeit. Der Anteil der Cladoceren am gesamten Krebsbestand war mit 65% in den unbeeinflussten Seen höher als in den Seen mit Blockgletschereinfluss (44%). Die mittlere relative Häufigkeit der Copepoden lag bei 22%, mit einem geringen Unterschied zwischen den beiden Seengruppen. Die Ostracoden erreichten in den blockgletscherbeeinflussten Seen höhere

relative Häufigkeiten als in den unbeeinflussten Seen (im Mittel 62% und 29%).

Im Uferbereich der untersuchten Seen wurden insgesamt 31 verschiedene Kleinkrebstaxa vorgefunden (Tab. A4 im Anhang). Die Copepoden waren mit 14 Taxa, die Cladoceren mit 11 Taxa und die Ostracoden mit 6 Taxa vertreten (Tab. A4, Artenliste im Anhang). Die Anzahl der Kleinkrebstaxa pro See betrug für die Copepoden 1 bis 5, für die Cladoceren und für die Ostracoden jeweils 0 bis 3.

Der Blattfußkrebs *Chydorus sphaericus* war die Art mit der größten Verbreitung (Abb. 18) und trat im Mittel mit einer relativen Häufigkeit von 42% auf, der Unterschied zwischen Seen mit und Seen ohne Blockgletschereinfluss war gering. Der Muschelkrebs *Cypria ophthalmica* wurde in der Hälfte der Seen beobachtet. In den blockgletscherbeeinflussten Seen erreichte er mit 61% die

höchste mittlere Häufigkeit aller Kleinkrebsarten. Die Copepodenart *Eucyclops serrulatus* trat ebenfalls verbreitet auf, wurde aber nur mit einer mittleren relativen Häufigkeit von 11% angetroffen. *Alona*-Arten kamen hauptsächlich in unbeeinflussten Seen vor.

Die Darstellung der Ähnlichkeit der Crustaceengemeinschaften der untersuchten Seen anhand nicht metrischer multidimensionaler Skalierung (nMDS) ergibt zwei Gruppen von Seen (Abb. 19). Eine Gruppe, in der sich hauptsächlich blockgletscherbeeinflusste Seen befinden, ist durch hohe Anteile der Muschelkrebisart *Cypria ophthalmica* gekennzeichnet. Die zweite Gruppe, ebenfalls mit einer Reihe von beeinflussten Seen, hat *Chydorus sphaericus* als charakteristische Art. In beiden Gruppen fehlt *Alona affinis* oder spielt nur eine sehr untergeordnete Rolle.

Cypria ophthalmica ist eine unempfindliche Art mit weiter Verbreitung und kann auch unter extremen Umweltbedingungen überleben (Meisch, 2000). Auch *Chydorus sphaericus* ist sehr anpassungsfähig und besitzt eine breite ökologische Valenz (Nevalainen et al., 2014). In Hochgebirgsseen ist *C. sphaericus* unter ungünstigen Bedingungen (z.B. über 2500 m) oft die einzige Cladocerenart (Bigler et al., 2006). *Alona affinis* beansprucht hingegen eine gute Sedimentqualität mit ausreichenden Sauerstoffkonzentrationen (Nevalainen & Luoto, 2013). Wie bei den Chironomiden des Uferbereichs könnte der Einfluss der Blockgletscherabflüsse auf die Verhältnisse im Sedimentbereich auch bei den Crustaceen eine entscheidende Rolle spielen.

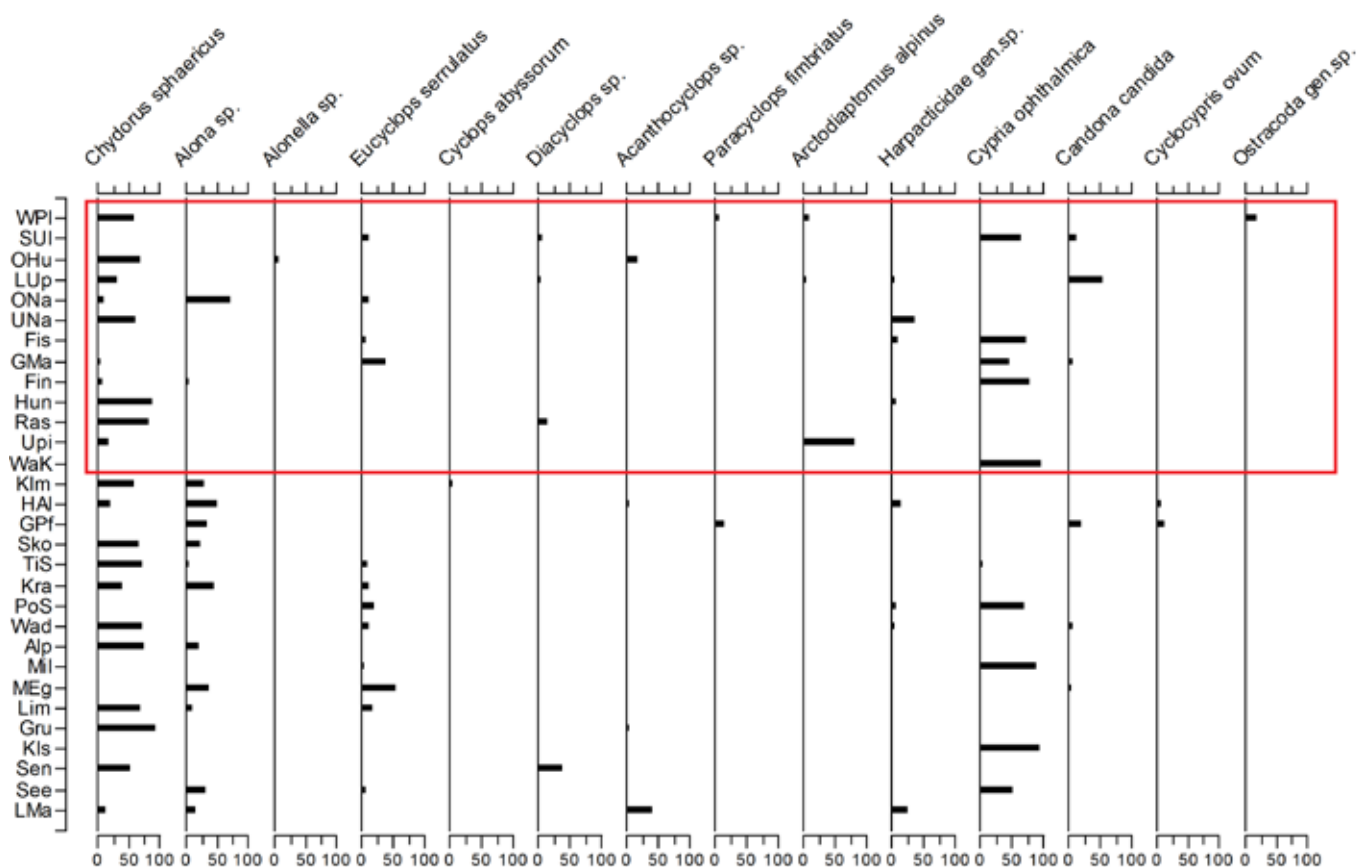


Abb. 18: Relative Häufigkeit (%) der wichtigsten Crustaceentaxa. Roter Rahmen = blockgletscherbeeinflusste Seen. Erklärung der Akronyme der Seen in Tab. 1.

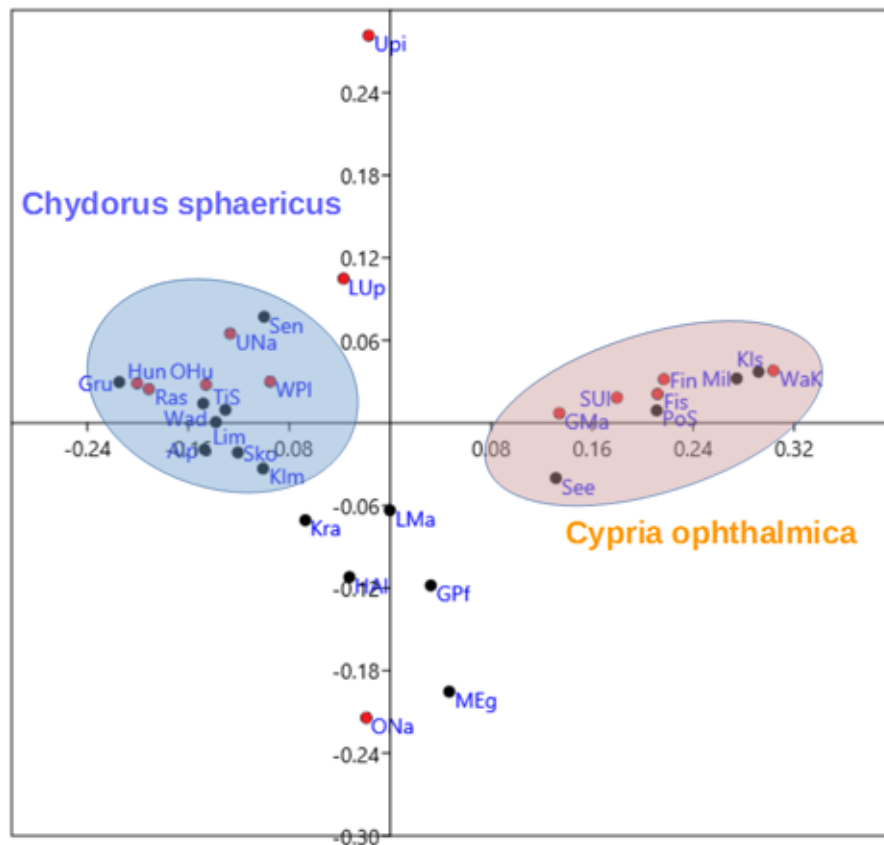


Abb. 19:
Ähnlichkeit der Crustaceen-
zusammensetzung in den
untersuchten Seen (nMDS-Plot).
Rote Punkte = blockgletscher-
beeinflusste Seen, schwarze
Punkte = unbeeinflusste Seen.

4.5.2 Tiefenzone

Makrobenthos

Das Zoobenthos von sieben Seen wurde quantitativ untersucht, der einzige nicht von Blockgletschern beeinflusste See war der Große Pfaffensee. Die Entnahmetiefe schwankte zwischen 2,5 m und 12 m, der Einfachheit halber wurden alle Proben der Tiefenzone zugeordnet.

In allen Proben traten Chironomiden auf (Abb. 20), die höchste beobachtete Abundanz betrug 90000 Ind. m⁻² (Großer Malersee). Oligochaeten wurden mit Ausnahme des Wannenkarsees ebenfalls in allen Seen angetroffen, ihre Dichten erreichten maximal 8000 Ind. m⁻² (Großer Pfaffensee).

In 4 Seen wurden Wassermilben (Acari) vorgefunden, Muscheln (*Bivalvia: Pisidium* sp.) traten in 3 Seen und Käferlarven (*Agabus* sp.) sowie Megalopterenlarven (*Sialis lutaria* – Großer Malersee) jeweils in einem See auf.

Die Chironomiden waren mit insgesamt 17 Taxa vertreten (Tab. A4 im Anhang). Die Unterfamilie der Chironominae wies mit 8 Arten die höchste

Taxa-Anzahl auf. Quantitativ von Bedeutung waren *Tanytarsus lugens*-gr., *Micropsectra radialis*, *Paratanytarsus austriacus* und *Stictochironomus* sp. (Abb. 21). *Chironomus (Chironomus) bernensis*, *Phaenopsectra* sp., *Dicrotendipes notatus* und *Cladotanytarsus* sp. traten nur mit geringen Individuenzahlen auf. Von den 4 Taxa der Tanypodinae war nur *Procladius* sp. von Bedeutung. Die Orthocla-diinae kamen in 4 Seen vor, keines der insgesamt 4 Taxa erreichte jedoch hohe Abundanzen. Von *Pseudodiamesa branickii* wurden in zwei Seen einzelne Individuen gefunden.

Insgesamt wurden 9 Oligochaeten-Taxa vorgefunden, am verbreitetsten war die Art *Potamothenix hammoniensis*.

Die Abundanzen der Chironomiden erreichen in Hochgebirgsseen vor allem aufgrund des geringen Nährstoffgehalts keine sehr hohen Werte (Tàtosovà & Stuchlik, 2006). In Hochgebirgsseen der Alpen wurden Individuendichten um 2000 Ind. m⁻² und maximal 6500 Ind. m⁻² beobachtet (Tàtosovà & Stuchlik, 2006; Bretschko, 1974; Steinböck, 1955). Die wesentlich höheren

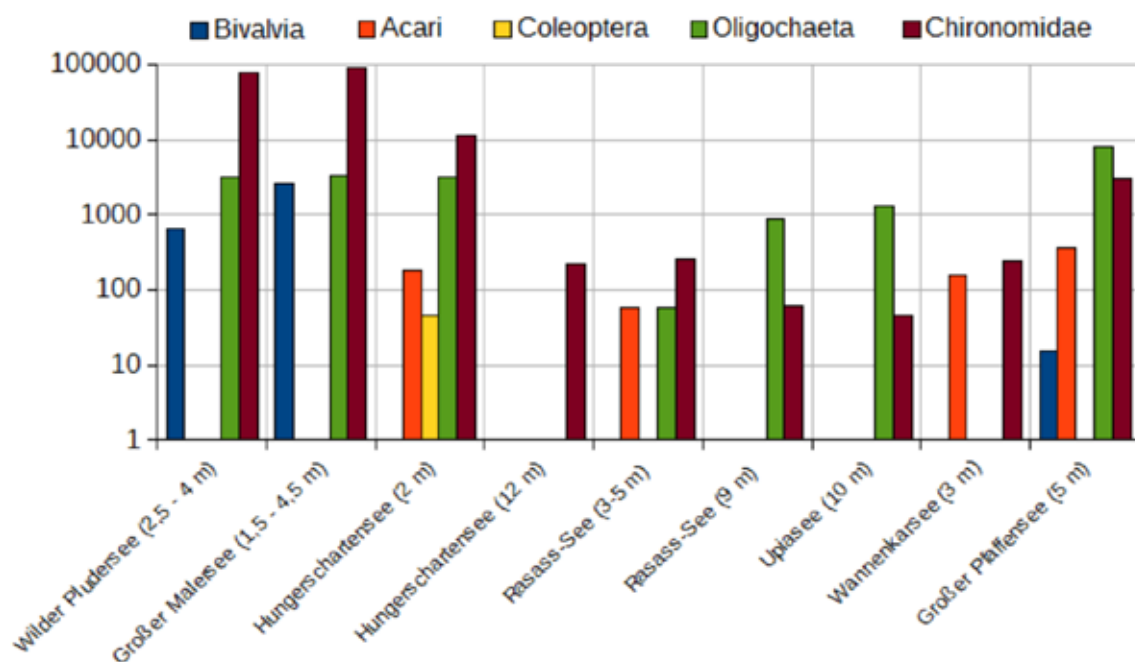


Abb. 20: Individuendichten (Ind. m⁻²) der Makrobenthosgruppen in der Tiefenzone der untersuchten Seen (logarithmische Skala).

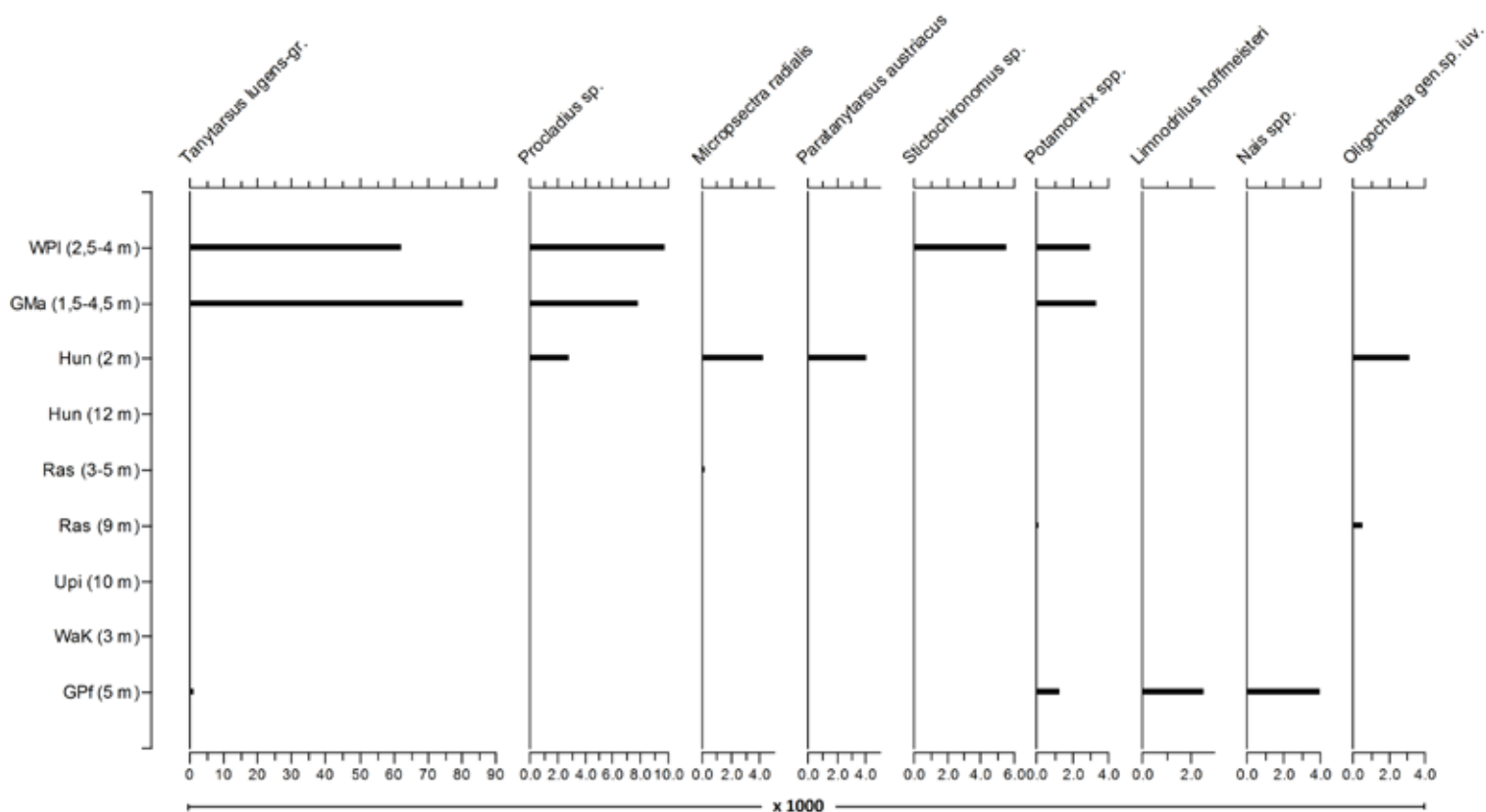


Abb. 21: Individuendichten (Ind. m⁻²) der häufigsten Chironomiden- und Oligochaeten-Taxa. Erklärung der Akronyme der Seen in Tab.1.

Individuendichten der vorliegenden Untersuchung könnten mit der verwendeten Maschenweite des Probennetzes in Zusammenhang stehen, die hier 100 µm betrug, weshalb auch sehr kleine Individuen gefangen wurden. Bei *Tanytarsus lugens*-gr. aus dem Wilden Pludersee und aus dem Großen Malersee handelte es sich hauptsächlich um erste Larvenstadien, die bei Verwendung gröberer Netze nicht erfasst werden. Die in dieser Studie in der Tiefenzone beobachteten Arten *Tanytarsus lugens*, *Stictochironomus* sp. und *Micropsectra radialis* treten vor allem in tieferem Wasser auf, während *Procladius* sp. und *Paratanytarsus austriacus* ebenso häufig im unmittelbaren Uferbereich anzutreffen sind (Luoto, 2012; Heiri, 2003).

Die Abundanzen der Oligochaeten liegen im Bereich der Ergebnisse aus anderen Hochgebirgsseen (Wagner, 1987; Dumnicka & Galas, 2002; Toro et al., 2006). Die relativ hohen Individuendichten von *Potamothenrix hammoniensis* im Wilden Pludersee und im Großen Malersee sowie die hohe Gesamtabundanz der Oligochaeten im Großen Pfaffensee weisen auf gute Nährstoffbedingungen hin.

Meiobenthos

Wie bei der halbquantitativen Beprobung der Uferfauna wurden auch bei den quantitativen Proben nur die drei Kleinkrebsgruppen der Cladoceren, Copepoden und Ostracoden berücksichtigt. Während in allen sieben untersuchten Seen Copepoden angetroffen wurden, traten Cladoceren und Ostracoden nur in vier Seen auf (Abb. 22). Die Copepoden waren durch die Taxa *Cyclops abyssorum tatricus*, *Diacyclops* sp., *Eucyclops serrulatus*, *Paracyclops fimbriatus*, *Macrocyclus albidus*, *Arctodiaptomus alpinus* und *Harpacticoida* gen.sp. vertreten. Die höchste Abundanz erreichte *Cyclops abyssorum tatricus* mit knapp 4000 Ind. m⁻², alle übrigen Taxa waren nur in sehr geringer Anzahl vorhanden.

Die häufigste Cladocerenart, *Chydorus sphaericus*, erreichte Abundanzen bis 1600 Ind. m⁻², zwei weitere Cladoceren, *Alona affinis* und *Eurycerus lamellatus*, wurden nur in einem See (Großer Pfaffensee) beobachtet.

Die Ostracoden traten mit den Arten *Cypria ophthalmica*, *Candona candida*, *Cytherissa lacustris* und *Cyclocypris ovum* auf, die höchste Abundanz lag bei 9000 Ind. m⁻² (*Cypria ophthalmica*).

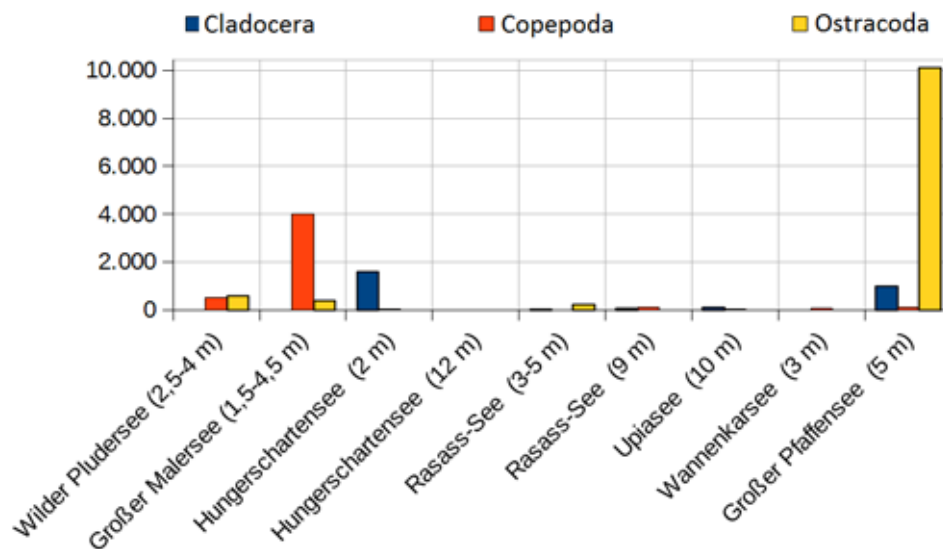


Abb. 22: Individuendichten (Ind. m⁻²) der Cladoceren, Copepoden und Ostracoden in der Tiefenzone der untersuchten Seen.

In anderen nicht von Blockgletschern beeinflussten Südtiroler Hochgebirgsseen ergab die quantitative Beprobung der Tiefenzone ein ähnliches Artenspektrum und vergleichbare Abundanzen (unveröff. Daten). Auch in diesen Seen erreichte die Ostracodenart *Cypria ophthalmica* die höchsten Individuendichten (bis zu 13 000 Ind. m⁻²).

5. Schlussbetrachtung

Anhand der im Rahmen des Projektes „permaqua“ durchgeführten Untersuchungen konnte aufgezeigt werden, dass abschmelzende Blockgletscher zu einer Veränderung der Gewässerökologie im Hochgebirge führen. Alle von Blockgletschern beeinflussten Seen wiesen einen erhöhten Ionengehalt auf, insbesondere konnte ein starker Anstieg der Sulfat-, Magnesium- und Kalziumkonzentrationen beobachtet werden. Seen mit pH-Werten im sauren Bereich waren außerdem durch einen höheren Gehalt an Schwermetallen gekennzeichnet.

Die Aussagekraft der Ergebnisse der biologischen Untersuchungen ist durch die einmalige Beprobung eingeschränkt und weitere Erhebungen, vor allem zu verschiedenen Jahreszeiten, sind erforderlich. Trotzdem konnten ein paar Unterschiede zwischen Seen mit und Seen ohne Blockgletschereinfluss festgestellt werden. Für die Zusammensetzung des Phytoplanktons und des Phytobenthos scheinen vor allem der pH-Wert des Wassers und, sekundär, die Nährstoffverhältnisse bestimmend zu sein, die nur angepassten Arten Überlebensmöglichkeiten bieten. Was das Zooplankton betrifft, war die Ausbeute hauptsächlich aufgrund des späten Probentermins zu gering, um Aussagen zu erlauben. Die Uferfauna

hingegen reagierte auf den Blockgletschereinfluss mit einer Verringerung der Biodiversität und mit Änderungen in der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften. In den Gewässern mit Blockgletschereinfluss konnte vor allem das Vorherrschen von unempfindlichen Arten beobachtet werden. Möglicherweise rufen indirekte Einflüsse des hohen Sulfatgehalts und andere Substanzen, die in den Blockgletscherabflüssen enthalten sind, Umweltbedingungen hervor, die unempfindlichen Arten einen Konkurrenzvorteil gegenüber anderen, empfindlicheren, Arten verschaffen.

Die vorliegenden Untersuchungen haben zu einer Erweiterung des Wissens über die Tiroler Hochgebirgsseen geführt. Die im Rahmen des Projekts „permaqua“ gesammelten chemischen und biologischen Daten dokumentieren den Istzustand dieser Seen und können als Basis für zukünftige Untersuchungen, vor allem in Hinblick auf den Klimawandel, dienen.

Abschmelzende Blockgletscher haben in Hochgebirgsseen zu starken Veränderungen der Wasserchemie geführt, die sich, wie gezeigt werden konnte, auch auf die Lebewelt auswirken und möglicherweise Änderungen der Funktionsweise dieser Ökosysteme bedingen. In Südtiroler Niederungsseen, in deren Einzugsgebiet sich Blockgletscher befinden, haben ebenfalls – wenn auch nur geringfügige – Veränderungen in der Wasserchemie stattgefunden (unveröffentl. Daten, Biologisches Labor, Umweltagentur der Provinz Bozen). So sind die Sulfatkonzentrationen zweier Seen in den letzten 10 Jahren leicht angestiegen. In einem Stausee (unveröffentl. Daten) hat neben einem Anstieg des Sulfatgehalts auch eine Zunahme des Nickelgehalts stattgefunden. Diese Entwicklung gilt es im Auge zu behalten.

Literatur

- Battarbee, R., Kernan, M., Rose, N. (2009): Threatened and stressed mountain lakes of Europe: Assessment and progress. – *Aquat. Ecosyst. Health Manag.*, 12(2): 118-128.
- Bigler, C., Heiri, O., Krskova, R., Lotter, A., Sturm, M. (2006): Distribution of diatoms, chironomids and cladocera in surface sediments of thirty mountain lakes in south-eastern Switzerland. – *Aquat. Sci.*, 68: 154-171.
- Boggero, A., Füreder, L., Lencioni, V., Simcic, T., Thaler, B., Ferrarese, U., Lotter, A.F., Ettinger, R. (2006): Littoral chironomid communities of Alpine lakes in relation to environmental factors. – *Hydrobiologia*, 562: 145-165.
- Braioni, M.G., Gelmini, D. (1983): Rotiferi Monogononti (Rotatoria: Monogononta). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, vol.23. – 180 S., Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma.
- Brancelj, A. (ed.) (2002): High-mountain Lakes in the Eastern Part of Julian Alps. – 266 S., National Institute of Biology, Ljubljana.
- Bretschko, G. (1974): The chironomid fauna of high alpine lake (Vorderer Finstertaler See, Tyrol, Austria, 2237 m a.s.l.). – *Entomol. Tidskr.*, Supplement 95: 22-33.
- Bretschko, G. (1995): Opportunities for high alpine research, the lake "Vorderer Finstertaler See" as an example (Küh-tai, Tirol, 2237 m a.s.l.). – *Limnologia*, 25: 105-108.
- Cammarano, P., Manca, M. (1997): Studies on zooplankton in two acidified high mountain lakes in the Alps. – *Hydrobiologia*, 356: 97-109.
- Catalan, J., Pla, S., Rieradevall, M., Felip, M., Ventura, M., Buchaca, T., Camarero, L., Brancelj, A., Appleby, P.G., Lami, A., Grytnes, J.A., Agustí-Panareda, A., Thompson, R. (2002): Lake Redó ecosystem response to an increasing warming in the Pyrenees during the twentieth century. – *J. Paleolimnol.*, 28: 129-145.
- Catalan, J., Camarero, L., Felip, M., Pla, S., Ventura, M., Buchaca, T., Bartumeus, F., de Mendoza, G., Miró, A., Casamayor, E.O., Medina-Sánchez, J.M., Bacardit, M., Altuna, M., Bartrons, M., de Quijano, D.D. (2006): High mountain lakes: extreme habitats and witnesses of environmental changes. – *Limnetica*, 25(1-2): 551-584.
- Dumnicka, E., Boggero, A. (2007): Freshwater Oligochaeta in two mountain ranges in Europe: the Tatra Mountains (Poland) and the Alps. – *Arch. Hydrobiol.*, 168/3: 231-242.
- Dumnicka, E., Galas, F. (2002): Factors affecting the distribution of Oligochaeta in small high mountain ponds (Tatra Mts, Poland). – *Arch. Hydrobiol.*, 156: 121-133.
- Dumnicka, E., Steingruber, S., Colombo, L., Zaupa, S., Boggero, A. (2014). Oligochaete assemblages of Swiss Alpine lakes. – *Italian Journal of Zoology*: 1-12.
- Einsle, U. (1993): Crustacea, Copepoda, Calanoida und Cyclopoida. Süßwasserfauna von Mitteleuropa. – 209 S., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- Fjellheim, A., Raddum, G., Vandvik, V., Cogalniceanu, D., Boggero, A., Brancelj, A., Galas, J., Sporka, F., Vidinova, Y., Bitusik, P., Dumnicka, E., Galdean, N., Kownacki, A., Krno, I., Preda, E., Risnoveanu, G., Stuchlik, E. (2009): Diversity and distribution patterns of benthic invertebrates along alpine gradients. A study of remote European freshwater lakes. – *Advances in Limnology*, 62: 167-190.
- Epler, J.H. (2001): Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. – 526 S., North Carolina Department of Environment and Natural Resources, Raleigh, NC, and St. Johns River Water Management District, Palatka, FL.
- European Committee for Standardization (2004): Water quality-guidance standard for the identification, enumeration and interpretation of benthic diatom samples from running waters, EN 14407, Geneva. European Committee for Standardization.
- Ferrarese, U. (1983): Chironomidi 3 (Diptera: Chironomidae: Tanypodinae). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, vol.26. – 67 S., Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma.
- Ferrarese, U., Rossaro, B. (1981): Chironomidi 1 (Diptera, Chironomidae: Generalità, Diamesinae, Prodiamesinae). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, vol.12. – 97 S., Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma.
- Forsström, L., Sorvari, S., Korhola, A., Rautio, M. (2005): Seasonality of phytoplankton in subarctic Lake Saana-järvi in NW Finnish Lapland. – *Polar Biol.*, 28: 846-861.
- Frey, D.G. (1988): Littoral and offshore communities of diatoms, cladocerans, and dipterous larvae, and their interpretation in paleolimnology. – *J. Paleolimnol.*, 1: 179-191.
- Füreder, L., Ettinger, R., Boggero, A., Thaler, B., Thies, H. (2006): Macroinvertebrate diversity in Alpine lakes: effects of altitude and catchment properties. – *Hydrobiologia*, 562: 123-144.
- Gervais, F. (1997): Light-dependent growth, dark survival and glucose uptake by cryptophytes isolated from a freshwater chemocline. – *J. Phycol.*, 33: 18-25.
- Gesierich, D., Rott, E. (2012): Is diatom richness responding to catchment glaciation? A case study from Canadian headwater streams. – *J. Limnol.*, 71 (1): 72-83.
- Goltermann, H.L. (1971): Methods for Chemical Analysis of Fresh Waters. IBP Handbook N°8. – 166 S., Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh.

- Gran, G. (1952): Determination of the equivalence point in potentiometric titration II. – *Analyst*, 77: 661-671.
- Guo, X., Potito, A., Luo, L., Beilmann, D. (2013): Twentieth century human climate impacts on a large mountain lake in southwest China. – *Hydrobiologia*, 718: 189-206.
- Haeberli, W., Schleiss, A., Linsbauer, A., Künzler, M., Bütler, M. (2012): Gletscherschwund und neue Seen in den Schweizer Alpen. – *Perspektiven und Optionen im Bereich Naturgefahren und Wasserkraft*. Wasser Energie Luft, 104 (2): 93-102.
- Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001): PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1)
- Heath, J., Baron, J. (2014): Climate, Not Atmospheric Deposition, Drives the Biogeochemical Mass-Balance of a Mountain Watershed. – *Aquat. Geochem.*, 20: 167-181.
- Heiri, O., Lotter, A. (2003): 9000 years of chironomid assemblage dynamics in an Alpine lake: long-term trends, sensitivity to disturbance, and resilience of the fauna. – *J. Paleolim.*, 30: 273-289.
- Hofmann, G. (1994): Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. *Bibliotheca Diatomologica*, 30. – 241 S., J. Cramer, Berlin Stuttgart.
- Hofmann, G., Werum, M., Lange-Bertalot, H. (2011): Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. – 908 S., Gantner - Verlag, Ruggell.
- Ilyashuk, B., Ilyashuk, E., Psenner, R., Tessadri, R., Koinig, K. A. (2014): Rock Glacier Outflows May Adversely Affect Lakes: Lessons from the Past and Present of Two Neighboring Water Bodies in a Crystalline-Rock Watershed. – *Environ. Sci. Technol.*, 48: 6192-6200.
- Isaksson, A. (1998): Phagotrophic phytoflagellates in lakes – a literature review. – *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.*, 51: 63-90.
- Jersabek, C.D., Brancelj, A., Stoch, F., Schabetsberger, R. (2001): Distribution and ecology of copepods in mountainous regions of the Eastern Alps. – *Hydrobiologia*, 453/454: 309-324.
- Juggins, S. (2007): C2 Version 1.5. User guide. Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualisation. – 73 S., Newcastle University, Newcastle upon Tyne, UK.
- Kiefer, F. (1978): Freilebende Copepoda. Die Binnengewässer. – 343 S. Verlag Schweizerbart, Stuttgart.
- Kleeberg, A. (2014): Eintrag und Wirkung von Sulfat in Oberflächengewässer. – In: Hupfer, M., Calmano, W., Klapper, H., Wilken, R. (eds.): *Handbuch Angewandte Limnologie* 2.5., 34 S., Wiley-VCH, Weinheim.
- Koinig, K.A., Kamenik, C., Schmidt, R., Agusti-Panareda, A., Appleby, P., Lami, A., Prazakova, M., Rose, N., Schnell, O.A., Tessadri, R., Thompson, R., Psenner, R. (2002): Environmental changes in an alpine lake (Gossenköllesee, Austria) over the last two centuries – the influence of air temperature on biological parameters. – *J. Paleolim.*, 28: 147-160.
- Kownacki, A., Galas, J., Dumnicka, E., Mielewczyk, S. (2000): Invertebrate communities in permanent and temporary high mountain lakes (Tatra Mts.). – *Ann. Limnol. – Int. J. Lim.*, 36: 181-188.
- Krainer, K. (2015): Blockgletscher: Einführung. – In: Schallhart, N., Erschbamer, B. (eds.): *Forschung am Blockgletscher – Methoden und Ergebnisse*, 9-32, Alpine Forschungsstelle Obergurgl, Innsbruck.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (1986–2004): Bacillariophyceae, Naviculaceae, 2/1. – 876 S.; Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, 2/2. – 596 S.; Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, 2/3. – 576 S.; Achnantheaceae, 2/4. – 468 S. – In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D., (eds.): *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Kruskal, J.B., Wish, M. (1978): *Multidimensional Scaling*. – Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences, 07-011. Beverly Hills and London.
- Lange-Bertalot, H. (2001): *Navicula sensu stricto*. 10 Genera separated from *Navicula sensu lato*. *Frustulia*. Diatoms of Europe, 2. – 526 S., Gantner Verlag, Ruggell.
- Lange-Bertalot, H., Metzeltin, D. (1996): Indicators of oligotrophy – 800 taxa representative of three ecologically distinct lake types, Carbonate buffered – Oligodystrophic - Weakly buffered soft water. – In: Lange-Bertalot, H. (ed.), *Iconographia Diatomologica* 2, 390 S., Koeltz Scientific Books. Königstein.
- Lange-Bertalot, H., Bąk, M., Witkowski, A. (2011): *Eunotia* and some related genera. – In: Lange-Bertalot, H. (ed.), *Diatoms of Europe*, 6. – 780 S., Gantner Verlag, Ruggell.
- Lencioni, V., Marziali, L., Rossaro, B. (2007): I Ditteri Chironomidi: morfologia, tassonomia, ecologia, fisiologia e zoogeografia. – 172 S., Quaderni del Museo Tridentino di Scienze Naturali, 1, Trento.
- Lenzenweger, K. (1997): Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 2. – *Bibliotheca Phycologica*, 103: 237 S.
- Livingstone, D. M., Lotter, A. F. (1998): The relationship between air and water temperatures in lakes of the Swiss Plateau: a case study with palaeolimnological implications. – *J. Paleolimnol.*, 19: 181-198.

- Luoto, T. (2012): Intra-lake patterns of aquatic insect and mite remains. – *J. Paleolimnol.*, 47: 141-157.
- Margaritora, F. (1983): Cladoceri (Crustacea: Cladocera). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, vol.22. – 168 S., Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma.
- Marziali, L., Rossaro, B. (2013): Response of chironomid species (Diptera, Chironomidae) to water temperature: effects on species distribution in specific habitats. – *J. entomol. acarol. Res.*, 45: 73-89.
- Meisch, C. (2000): Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. – In: Schwoerbel, J., Zwick, P. (eds.): Süßwasserfauna von Mitteleuropa 8/3, 522 S., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- Miro, A., Ventura, M. (2015): Evidence of exotic trout mediated minnow invasion in Pyrenean high mountain lakes. – *Biol. Invasions*, 17: 791–803.
- Moquin, P., Mesquita, P., Wrona, F., Prowse, T. (2014): Responses of benthic invertebrate communities to shoreline retrogressive thaw slumps in Arctic upland lakes. – *Freshw. Sci.*, 33(4): 1108-1118.
- Nauwerck, A. (1966): Beobachtungen über das Phytoplankton klarer Hochgebirgsseen. – *Schweiz. Zeit. Hydrol.*, 28: 4-28.
- Nevalainen, L., Luoto, T. (2012): Faunal (Chironomidae, Cladocera) responses to post-Little Ice Age climate warming in the high Austrian Alps. – *J. Paleolimnol.*, 48: 711-724.
- Nevalainen, L., Luoto, T. (2013): Sedimentary chydorid (Cladocera) ephippia in relation to lake ecological quality in the Austrian Alps. – *J. Limnol.*, 72: 52-61.
- Nevalainen, L., Ketola, N., Korosi, J., Manca, M., Kurmayer, R., Koinig, K., Psenner, R., Luoto, T. (2014): Zooplankton (Cladocera) species turnover and long-term decline of *Daphnia* in two high mountain lakes in the Austrian Alps. – *Hydrobiologia*, 722: 75-91.
- Nickus, U., Krainer, K., Thies, H., Tolotti, M. (2015): Blockgletscherabflüsse im Äußeren Hohebenkar – Hydrologie, Wasserchemie und Kieselagen. – In: Schallhart, N., Erschbamer, B. (eds.): Forschung am Blockgletscher – Methoden und Ergebnisse, 117-134, Alpine Forschungsstelle Obergurgl, Innsbruck University Press, Innsbruck.
- Nocentini, A. (1985): Chironomidi 4 (Diptera: Chironomidae: Chironominae, larve). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, vol.22. – 186 S., Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma.
- Novarino, G. (2003): A companion to the identification of cryptomonad flagellates (Cryptophyceae = Cryptomonadea). – *Hydrobiol.*, 502 (Dev. Hydrobiol. 172): 225-270.
- Pechlaner, R. (1971): Factors that control the production rate biomass of phytoplankton in high mountain lakes. – *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, 19: 125-145.
- Pechlaner, R. (1984): Historical evidence for the introduction of Arctic Charr into high-mountain lakes of the Alps by man. – In: Johnson, L., Clarke, R. McV., Marshall K.E. (eds.): Biology of Arctic Charr, Proceedings International Symposium Arctic Charr, Winnipeg, May 1981, 549-557, University Manitoba Press, Winnipeg.
- Pielou, E.C. (1966): The measurement of diversity in different types of biological collections. – *J. Theor. Biol.*, 13: 131-144.
- Pugnetti, A., Bettinetti, R. (1995): The phytoplankton communities of two acid sensitive alpine lakes (Lakes Paione, Central Alps, Italy). – *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 53: 39-52.
- Reuss, N., Hammarlund, D., Rundgren, M., Segerström, U., Eriksson, L., Rosen, P. (2010): Lake Ecosystem Responses to Holocene Climate Change at the Subarctic Tree-Line in Northern Sweden. – *Ecosystems*, 13: 393-409.
- Rossaro, B. (1982): Chironomidi 2 (Diptera: Chironomidae: Orthocladinae). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, vol.16. – 80 S., Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma.
- Rott, E. (1981): Some results from phytoplankton counting intercalibrations. – *Schweiz. Z. Hydrol.*, 43(1): 34-62.
- Rott, E. (1984): Phytoplankton as biological parameter for the trophic characterization of lakes. – *Verh. int. Ver. Limnol.*, 22: 1078-1085.
- Rott, E. (1988): Some aspects of the seasonal distribution of flagellates in mountain lakes. – *Hydrobiologia*, 161: 159-170.
- Ruttner-Kolisko, A. (1974): Rotatoria. Die Binnengewässer, 26 (1). – 99-234, Verlag Schweizerbart.
- Samartin, S., Heiri, O., Vescovi, E., Brooks, S., Tinner, W. (2012): Lateglacial and early Holocene summer temperatures in the southern Swiss Alps reconstructed using fossil chironomids. – *J. Quat. Sci.*, 27(3): 279-289.
- Schaber, P. (1988): Rotatorien und Crustaceen in Tiroler Hochgebirgsseen. – In: Psenner, R. et al.: Versauerung von Hochgebirgsseen in kristallinen Einzugsgebieten Tyrols und Kärntens, 209-258, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Shannon, C. E., Weaver, W. (1949): The mathematical theory of communication. – 117 S., University of Illinois Press, Urbana.
- Schindler, D.W., Mills, K. H., Malley, D. F., Findlay, D. L., Shearer, J. A., Davies, I. J., Turner, M. A., Linsey, G. A., Cruikshank, D. R. (1985): Long-term ecosystem stress: the effect of years of experimental acidification on a small lake. – *Science*, 228: 1395-1401.

- Schmidt, V. (2014): Geologische-geomorphologische Kartierung eines ausgewählten Gebietes im Windachtal (Ötztal, Tirol). – 175 S., Masterarbeit Univ. Innsbruck, Innsbruck.
- Sommaruga, R. (2001): The role of solar UV radiation in the ecology of alpine lakes. – *J. Photochem. Photobiol.*, B, 62: 35-42.
- Sonnleitner, R., Redl, B., Schinner, F. (2011): Microbial mobilization of major and trace elements from catchment rock samples of a high mountain lake in the European Alps. – *Arct., Antarc., Alp. Res.*, 43: 465-473.
- Steinböck, O. (1955): Über die Verhältnisse in den Hochgebirgsseen. – *Mem. Ist. Ital. Idrobiol., Suppl.* 8: 311-343.
- Steingruber, S., Boggero, A., Caissutti, C., Dumnicka, E., Colombo, L. (2013): Can we use macroinvertebrates as indicators of acidification of high-altitude Alpine lakes? – *Bollettino della Società ticinese di scienze naturali*, 101: 23-34.
- Tait, D., Thaler, B. (2000): Atmospheric deposition and lake chemistry trends at a high mountain site in the eastern Alps. – *J. Limnol.*, 59 (1): 61-71.
- Tätosová, J., Stuchlik, E. (2006): Seasonal dynamics of chironomids in the profundal zone of a mountain lake (Ladové pleso, the Tatra Mountains, Slovakia). – *Biologia, Bratislava* 61/Suppl. 18: 203-212.
- Thaler, B., Tait, D., Bendetta, G. (1993): Effects of acidification on alpine lakes in the province of Bolzano (South Tyrol, Italy). EC Contract. Final report. – 72 S., Biologisches Labor, Autonome Provinz Bozen.
- Thaler, B., Tait, D. (2014): Temporal changes in ionic composition of lakes in the Eastern Alps. – Poster, World Lake Conference 15, Perugia.
- Thienpont, J., Rühland, K., Pisaric, M., Kokelj, S., Kimpe, L., Blais, J., Smol, J. (2013): Biological responses to permafrost thaw slumping in Canadian Arctic lakes. – *Freshwater Biol.*, 58: 337-353.
- Thies, H., Nickus, U., Mair, V., Tessadri, R., Tait, D., Thaler, B., Psenner, R. (2007): Unexpected response of high alpine lake waters to climate warming. – *Environ. Sci. Technol.*, 41: 7424-7429.
- Thies, H., Nickus, U., Tolotti, M., Tessadri, R., Krainer, K. (2013): Evidence of rock glacier melt impacts on water chemistry and diatoms in high mountain streams. – *Cold Reg. Sci. Technol.*, 96:77-85.
- Tiberti, R., Rogora, M., Tartari, G., Callieri, C. (2014 a): Ecological impact of transhumance on the trophic state of alpine lakes in Gran Paradiso National Park. – *Knowl. Manag. Aquat. Ec.*, 415: 1-17.
- Tiberti, R., von Hardenberg, A., Bogliani, G. (2014 b): Ecological impact of introduced fish in high altitude lakes: a case of study from the European Alps. – *Hydrobiologia*, 724:1-19.
- Tikkanen, T. (1986): Kasviplanktonopas. – 278 S., Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy, Helsinki.
- Tolotti, M. (2001): Phytoplankton and littoral epilithic diatoms in high mountain lakes of the Adamello-Brenta Regional Park (Trentino, Italy) and their relation to trophic status and acidification risk. – *J. Limnol.*, 60(2): 171-188.
- Tolotti, M. (2006): Il fitoplancton. – In: Cantonati M., Lazzara L. (eds.): I laghi di alta montagna del bacino del Fiume Avisio (Trentino Orientale), Monografie del Museo Tridentino di scienze Naturali, Trento.
- Tolotti, M., Manca, M., Angeli, N., Morabito, G., Thaler, B., Rott, E., Stuchlik, E. (2006): Phytoplankton and zooplankton associations in a set of Alpine high altitude lakes: geographic distribution and ecology. – *Hydrobiologia*, 562: 99-122.
- Tolotti, M., Forsström, L., Morabito, G., Thaler, B., Stoyneva, M., Cantonati, M., Šiško, M., Lotter, A. (2009): Biogeographical characterization of phytoplankton assemblages in high altitude , and high latitude European lakes. – *Advanc. Limnol.*, 62: 55-75.
- Toro, M., Granados, I., Robles, S., Montes, C. (2006): High mountain lakes of the Central Range (Iberian Peninsula): Regional limnology & environmental changes. – *Limnetica*, 25: 217-252.
- Ungeranova, L., Kolarikova, K., Stuchlik, E., Senoo, T., Horecky, J., Kopacek, J., Chvojka, P., Tatosova, J., Bitusik, P., Fjellheim, A. (2014): Littoral macroinvertebrates of acidified lakes in the Bohemian Forest. – *Biologia*, 69/9: 1190-1201.
- Utermöhl, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. – *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, 9: 1-38.
- Vogler, P. (1965): Probleme der Phosphatanalytik in der Limnologie und ein neues Verfahren zur Bestimmung von gelösten Orthophosphaten neben kondensierten Phosphaten und organischen Phosphorsäureestern. – *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 50: 775-785.
- Vogler, P. (1966): Zur Analytik kondensierter Phosphate und organischer Phosphate bei limnologischen Untersuchungen. – *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 51: 33-48.
- Vorhauser, S., Tartarotti, B., Sommaruga, R. (in Vorb.): Food spectrum of *Salvelinus alpinus* across an altitudinal lake gradient.
- Wagner, B. (1987): Population dynamics of oligochaetes in a high mountain lake. – *Hydrobiologia*, 155: S.191.

- Wagner, R. (1969): Neue Aspekte zur Stickstoffanalytik in der Wasserchemie. – *Vom Wasser*, 36: 263-318.
- Van Dam, H., Mertens, A., Sinkeldam, J. (1994): A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. – *Netherlands J. Aquatic Ecol.*, 28, 117-133.
- Wathne, B.M., Rosseland, B.O., Psenner, R., Battarbee, R., Patrick, S. (2000): The MOLAR Project: A summary of the main results. – Presented at International Symposium High mountain lakes and streams. Indicators of a changing world. 4-8 September 2000 Innsbruck, Tyrol, Austria.
- Willén, E. (2003): Dominance patterns of planktonic algae in Swedish forest lakes. – *Hydrobiologia.*, 502: 315-324.
- Williams, M.W., Knauf, M., Caine, N., Liu, F., Verplanck, P.L. (2006): Geochemistry and Source Waters of Rock Glacier Outflow, Colorado Front Range. – *Permafrost Periglacial Process.*, 17: 13-33.
- Witt, U. (1977): Auswirkungen der künstlichen Düngung eines Hochgebirgssees (Vorderer Finstertaler See, Kühtai, Tirol). – *Archiv Hydrobiol.*, 81: 211–232.

Anhang

Tab. A1: Chemische Parameter der untersuchten Seen (TP: Gesamtphosphor, N-NO₃⁻: Nitrat-Stickstoff, N-NH₄⁺: Ammonium-Stickstoff, TFe: Gesamtisen, DRSi: gelöstes reaktives Silizium, TOC: Gesamter organischer Kohlenstoff, TN: Gesamtstickstoff, Leitf.: elektrische Leitfähigkeit).

Akronym	Datum	Tiefe	pH	TP	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	T Fe	DRSi	Alkal.	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Chl.a	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	TOC	TN	Leitf.
		m		µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	mg L ⁻¹	meq L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	µg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µS cm ⁻¹ 20°C
Alp	05.09.2009	0,1	7,26	10	3	23	50	0,64	0,208	9,92	0,18		4,79	1,39	0,89	0,31	1,25	258	46
Alp	27.09.2000	1,0	7,47	3	0	7	18	0,76	0,217	7,20	0,10	1,3	4,60	1,34	0,60	0,17	0,90	102	40
Alp	11.08.1997	0,1	7,47	4	0	15			0,204	8,15	0,13		4,45	1,25	0,59	0,17		332	37
Alp	21.09.1988	0,1	7,66	8	22	7		1,03	0,198	7,19	0,13	5,3	5,36	0,69	0,80	0,19			39
Fin	16.08.2013	0,1	6,36	4	98	9	71	1,66	0,024	73,35	0,14		18,00	8,47	1,02	0,77	0,29	131	184
Fin	21.09.2008	0,1	6,48	8	140	30	60	1,37	0,031	61,00	0,39		13,88	6,13	1,39	1,23	1,41	434	150
Fin	11.10.1989	1,0	6,85	4	245	30		1,69	0,051	12,70	0,20	0,4	4,55	0,98	0,69	0,51			39
Fis	11.12.2014	0,0	6,70	2	60	5		0,73	0,066	16,58	0,10		5,97	1,07	0,52	0,51			51
Fis	06.08.2006	0,1	6,96	8	40	19	79	0,46	0,056	11,18	0,33		4,04	0,38	0,53	0,55	2,13	305	35
Fis	01.08.1990	0,1	6,64	4	181	14		1,32	0,065	8,31	0,10		3,58	0,40	0,38	0,37			26
Fis	17.10.1985	1,0	6,65	12	59	6	46	0,97	0,040	8,50	0,08	5,6	3,42	0,40	0,39	0,42			30
GMa	15.09.2014	0,1	7,60	1	66	5	17	1,40	0,250	52,36	0,07		18,93	3,94	1,22	1,11	0,36	112	160
GMa	03.09.2013	0,1	7,26	1	82	11	21	1,27	0,242	47,95	0,54		17,66	3,63	1,15	1,03	0,42	123	147
GMa	22.10.2012	2,0	7,19	2	131	12	24	1,45	0,242	70,73	0,63	0,2	23,13	5,03	1,39	1,29	0,13	189	179
GMa	22.10.2012	1,0	7,16	3	135	8	26	1,44	0,242	70,48	0,64	0,3	22,79	4,98	1,38	1,27	0,17	187	178
GMa	22.10.2012	4,3	7,24	4	131	9	21	1,44	0,246	75,93	0,65		23,94	5,17	1,42	1,33	0,12	187	187
GMa	22.10.2012	4,0	7,19	3	136	10	21	1,44	0,242	75,46	0,67	0,5	24,00	5,20	1,42	1,32	0,14	200	185
GMa	22.10.2012	3,0	7,20	2	130	8	23	1,44	0,245	73,83	0,66	0,4	23,78	5,16	1,41	1,31	0,12	176	182
GMa	19.07.2012	0,1	7,21	3	121	11	15	1,16	0,253	37,33	0,12		14,04	2,82	0,96	0,99			119
GPf	17.10.2011	1,0	6,92	9	5	8	77	3,77	0,151	8,84	0,12	0,8	3,15	1,21	2,33	0,59	0,99	98	38
GPf	13.09.2010	0,1	7,44	7	765	1	54	3,25	0,202	9,23	0,12		2,93	0,86	2,17	0,43	0,84		40
GPf	13.08.1997	0,1	7,15	12	25	10			0,140	8,57	0,14		2,70	0,95	2,32	0,42		250	37
GPf	12.09.1989	1,0	7,63	8	34	17		3,70	0,168	8,80	0,06	1,4	3,32	1,10	2,44	0,41			39
GPf	24.11.1987	1,0	6,93	5	60	8		4,64	0,148	8,80	0,14								40
Gru	05.08.2012	0,1	8,15	5	209	10	49	0,20	2,151	3,35	0,19		33,59	3,50	0,14	0,19			186
Gru	25.06.2006	0,1	8,30	3	240	1	11	0,22	1,587	1,58	0,15		26,63	3,39	0,14	0,22	0,59	340	152
Gru	13.09.2000	1,0	8,27	2	255	10	13	0,21	1,949	1,74	0,11	0,1	33,70	3,08	0,08	0,11	0,78	379	168
HAI	01.08.2014	0,1	8,31	9	2	7	66	0,04	2,385	0,10	0,20		24,60	13,80	0,17	0,13	3,11	1448	199
HAI	15.09.2010	0,1	8,47	3	27	3	77	0,06	2,268	0,18	0,16	2,9	17,01	9,23	0,33	0,29	3,53		192
HAI	10.06.2007	0,1	8,49	13	58	8	54	2,70	2,002	0,28	0,25		20,00	9,50	0,28	0,25	3,57	263	172
Hun	06.09.2012	1,0	4,77	2	0	7		1,20	0,000	72,73	0,19	0,3	15,69	7,91	1,13	0,32	0,32	84	184
Hun	06.09.2012	3,0	4,82	3	33	5		1,21	0,000	61,42	0,16	0,4	15,42	7,79	1,11	0,32	0,33	73	184
Hun	06.09.2012	5,0	4,84	3	0	7		1,21	0,002	74,63	0,19	0,4	15,85	8,01	1,14	0,34	0,36	76	185

Akronym	Datum	Tiefe	pH	TP	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	T Fe	DRSi	Alkal.	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Chl.a	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	TOC	TN	Leitf.
		m		µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	mg L ⁻¹	meq L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	µg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µS cm ⁻¹ 20°C
Hun	06.09.2012	7,0	4,83	4	56	10		1,21	0,000	76,39	0,19	0,0	16,08	8,14	1,15	0,34	0,39	91	185
Hun	06.09.2012	9,0	4,83	4	0	7		1,21	0,000	75,88	0,19	0,6	16,08	8,13	1,14	0,34	0,38	78	185
Hun	06.09.2012	9,3	4,84	4	0	12		1,21	0,000	77,49	0,19		16,18	8,22	1,15	0,34	0,40	128	185
Hun	30.07.2006	0,1	4,59	18	89	141	63	1,00	0,000	50,50	1,14		10,37	4,72	1,47	1,09	2,89	954	136
Hun	03.09.1986	0,1	6,20	2	127	9	5	1,14	0,010	6,30	0,14		2,32	0,36	0,40	0,24			23
Klm	08.07.2012	0,1	8,02	11	73	40	33	0,86	1,170	9,57	0,18		18,18	2,96	0,39	0,59	1,13	211	120
Klm	26.06.2012	0,1	7,90	6	79	6	42	0,84	1,172	7,21	0,12		20,73	2,59	0,32	0,54			110
Klm	30.10.2000	0,5	7,96	4	70	2	44	1,03	1,265	7,60	0,10	0,6	20,20	3,70	0,50	0,60	0,10	151	116
Klm	05.10.1988	1,0	8,16	3	85	13		0,69	1,160	6,00	0,10	1,0	22,40	1,80	0,21	0,36			116
Kls	31.08.2009	1,0	6,53	10	221	25	60	0,70	0,045	4,98	0,14	3,3	1,59	0,62	0,50	0,29	0,54	344	21
Kra	04.06.2006	0,1	6,99	6	380	12	72	1,85	0,168	1,43	0,12		3,17	0,30	0,58	0,23	0,32	481	25
Kra	04.10.2000	1,0	8,16	4	370	9	32	1,61	0,165	2,00	0,21	10,6	3,50	0,25	0,68	0,24	2,95	538	23
Kra	04.11.1986	1,0	7,09	4	486	15		1,50	0,144	3,40	0,25		3,96	0,28	0,71	0,31			26
Laz	28.09.2014	0,1	6,02	10	0	1	105	0,16	0,025	0,91	0,06		0,96	0,11	0,22	0,05	2,11	93	8
Lim	05.08.2012	0,1	8,32	16	14	26	78	0,59	2,064	2,80	0,48		38,83	5,39	0,47	0,53			218
Lim	27.08.2008	1,0	8,49	5	22	1	29	0,17	2,402	0,68	0,12	3,1	42,42	2,63	0,38	0,21	1,77	193	213
Lim	25.06.2006	0,1	8,48	5	43	9	12	0,36	1,583	1,33	0,24		32,90	3,40	0,18	0,25	1,40	115	182
LMa	22.10.2012	0,1	5,90	3	65	6	19	0,74	0,044	2,47	0,09		1,62	0,13	0,24	0,08	0,22	120	12
LUI	14.09.2014	0,1	7,47	2	0	17	89	1,90	0,364	112,25	0,09		25,63	17,22	1,28	0,43	0,36	130	327
LUI	11.08.2013	0,1	7,45	2	131	40	23	1,76	0,325	91,09	0,70		22,34	15,44	1,18	0,44	0,36	168	254
LUI	02.10.2011	0,1	7,35	15	138	9	79	1,79	0,324	85,72	0,11		18,28	12,50	1,27	0,40	0,33	161	221
LUI	19.09.2006	0,1	7,26	11	159	69	113	1,66	0,304	58,50	0,61		16,93	8,54	1,40	0,73	0,95	634	165
LUI	31.10.1986	0,1	7,38	6	292	34		1,59	0,238	19,30	0,10		7,16	3,70	0,84	0,53			67
LUp	04.09.2013	0,1	6,48	11	245	3		2,98	0,035	32,62	0,25		9,51	2,77	1,70	0,55	0,53	344	99
MEg	25.09.2014	0,0	8,67	3	93	1		0,72	0,698	7,19	0,16		9,49	4,75	0,38	0,65			86
MEg	15.08.2006	0,1	8,66	5	132	9	4	0,71	0,689	5,67	0,11		9,26	3,85	0,38	0,68	0,85	220	78
Mil	23.10.2000	1,0	6,82	3	230	5	20	0,74	0,069	3,40	0,17	1,0	2,45	0,15	0,34	0,36	0,54	328	18
Mil	28.10.1999	1,0	6,79	2	250	5	20	0,71	0,073	3,46	0,10	1,0	2,60	0,20	0,42	0,39	0,44	436	19
Mil	17.12.1998	1,0	7,08	2	213	9	7	0,79	0,087	3,13	0,11	4,6	2,50	0,19	0,42	0,40	0,40	386	20
Mil	27.11.1997	1,0	6,81	6	149	13	8	0,70	0,060	3,70	0,08	4,5	2,00	0,19	0,42	0,40	2,48	304	19
Mil	04.11.1996	1,0	6,07	4	241	2	9	0,67	0,067	3,14	0,11	1,4	2,29	0,16	0,40	0,33	0,64	343	17
Mil	02.10.1995	1,0	7,15	4	258	6	23	1,05	0,085	3,57	0,13	4,6	2,63	0,19	0,42	0,41			19
Mil	06.09.1994	1,0	6,79	5	244	0	15	0,81	0,058	3,00	0,03	0,4	1,92	0,14	0,33	0,29			16
Mil	13.12.1993	1,0	6,67	4	324	5	9	1,49	0,054	2,90	0,27	4,5	1,84	0,21	0,50	0,39		386	15
Mil	17.09.1992	1,0	6,71	3	313	8	13	0,69	0,043	2,66	0,14	0,1	1,79	0,14	0,39	0,37			14
Mil	16.10.1990	1,0	6,80	5	330	10		0,64	0,052	2,60	0,17	5,5	1,80	0,14	0,31	0,35			14
Mil	25.10.1989	1,0	6,67	5	409	15		0,60	0,050	2,85	0,14	0,3	1,90	0,16	0,38	0,33			
Mil	03.11.1988	1,0	6,70	13	520	14	3	0,86	0,050	3,00	0,16		1,40	0,22	0,28	0,50			

Akronym	Datum	Tiefe	pH	TP	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	T Fe	DRSi	Alkal.	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Chl.a	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	TOC	TN	Leitf.
		m		µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	mg L ⁻¹	meq L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	µg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µS cm ⁻¹ 20°C
OHu	06.09.2012	0,1	5,34	6	56	18		1,63	0,011	38,76	0,17		8,77	3,83	0,87	0,29	0,33	134	97
OHu	30.07.2006	0,1	5,36	2	66	19	18	1,59	0,004	26,64	0,26		6,02	2,60	0,76	0,34	0,76	151	67
OMa	15.09.2014	0,1	5,20	3	137	18	81	1,18	0,000	50,35	0,05		15,59	2,94	0,48	1,35	0,15	206	131
OMa	03.09.2013	0,1	5,44	2	166	21	66	0,99	0,010	44,08	0,10		14,12	2,55	0,47	1,22	0,19	227	121
OMa	19.07.2012	0,1	5,66	5	155	54	39	0,78	0,005	28,65	0,16		9,30	1,36	0,37	1,02			81
ONa	18.09.2012	0,1	6,54	3	0	12	33	0,34	0,052	2,97	0,06		2,15	0,21	0,26	0,18			16
ONa	08.07.2012	0,1	6,43	13	6	30	62	0,14	0,028	1,30	0,11		0,78	0,08	0,16	0,15	3,77	629	8
ONa	26.06.2012	0,1	6,17	5	24	7	73	0,22	0,043	1,34	0,06		1,07	0,10	0,11	0,13	0,87	127	8
PoS	25.10.2000	1,0	6,54	1	370	7	4	0,75	0,038	2,18	0,13	0,7	1,63	0,17	0,30	0,19	0,17	454	13
PoS	12.08.1991	1,0	6,00	2	572	15		0,60	0,008	2,41	0,09	0,0	1,35	0,14	0,29	0,22			12
PoS	11.11.1986	1,0	5,70	1	341	9		0,82	-0,002	2,40	0,18	0,7	0,82	0,22	0,35	0,13			10
Ras	23.08.2011	1,0	4,95	2	138	19	15	2,04	0,000	134,84	0,22		26,69	17,90	2,20	0,57	1,97	160	314
Ras	25.09.2007	1,0	5,43	1	170	14		2,28	0,001	179,00	0,31	0,1	33,40	28,00	1,94	0,53	0,31	264	425
Ras	15.09.2005	1,0	5,46	2	151	9	20	2,30	0,001	214,00	0,34	0,1	35,40	33,55	2,11	0,50	0,22	263	450
Ras	01.10.2001	1,0	5,60	1	250	7	12	1,97	0,007	152,00	0,30	0,1	26,00	26,00	1,70	0,46	0,13	313	338
Ras	25.09.2000	1,0	5,66	1	170	10	11	1,89	0,023	106,00	0,25	0,0	19,70	16,30	1,50	0,41	0,20	272	228
Ras	27.09.1990	1,0	5,92	2	288	19		1,07	0,016	8,38	0,06	0,0	2,78	0,50	0,48	0,16			24
Ras	12.11.1986	1,0	5,95	2	317	6		1,26	-0,002	8,30	0,15		2,68	0,50	0,55	0,20			24
See	01.08.2008	0,1	7,09	7	48	7	27	1,00	0,248	13,72	0,10		7,62	1,24	0,58	1,65	1,90	115	59
See	19.08.2001	0,1	7,63	7	30	9	67	0,88	0,204	9,90	0,17		5,00	0,97	0,43	1,17	1,00	190	45
Sen	27.08.2008	0,1	9,08	203	0	7	299	0,10	1,683	0,83	0,30		21,75	5,91	0,52	0,47	8,27	701	146
Sko	11.07.2011	0,1	7,26	9	91	72	29	1,87	0,198	21,33	0,21		8,87	1,94	1,11	0,50	0,67	223	70
Sko	11.06.2006	0,1	7,21	8	86	26		0,90	0,177	18,70	0,13		7,71	1,04	0,80	0,35	0,71	155	56
Sko	18.09.2000	1,0	7,55	6	40	23	34	1,49	0,219	16,20	0,16	6,5	7,83	1,42	0,88	0,37	1,90	289	60
Sko	25.07.1989	1,0	7,71	6	61	10	51	1,60	0,180	16,30	0,16		6,46	1,24	0,81	0,34			48
SUI	14.09.2014	0,1	7,30	2	140	22	19	1,73	0,256	114,16	0,14		20,72	22,13	1,12	0,18	0,27	164	330
SUI	11.08.2013	0,1	7,64	2	118	25	11	1,31	0,403	184,06	0,13		28,63	38,00	1,50	0,23	0,22	154	476
SUI	01.07.2012	0,1	7,04	3	116	30		1,11	0,516	318,00	0,16		34,30	56,00	2,05	0,26	0,10	169	609
SUI	19.09.2006	0,1	7,50	2	155	24	74	1,05	0,291	94,93	0,13		20,33	17,56	1,07	0,33	0,32	230	233
TiS	22.08.2010	0,1	6,81	10	96	7		0,93	0,041	10,39	0,13		3,46	0,67	0,50	0,54			35
TiS	05.10.2000	1,0	6,79	3	140	5	44	0,88	0,030	7,00	0,10	4,0	2,22	0,57	0,28	0,51	1,00	225	21
TiS	01.10.1992	0,1	6,70	3	192				0,024	5,41	0,04		1,90	0,39	0,32	0,44			
TiS	23.10.1991	1,0	6,46	4	288	6		0,77	0,029	5,00	0,13	3,0	1,90	0,39	0,32	0,44			17
TiS	30.09.1986	1,0	6,71	4	190	29		0,83	0,021	3,10	0,10			0,28	0,35	0,45			
UNa	12.09.2012	0,1	7,07	4	271	23	45	0,57	0,152	5,46	0,07		4,27	0,74	0,49	0,26			33
UNa	26.06.2012	0,1	6,32	3	204	5	74	0,36	0,080	1,64	0,07		1,79	0,25	0,23	0,17	0,34	242	15
Upi	04.09.2013	1,0	6,37	3	217	5		3,05	0,021	40,26	0,18	0,2	10,55	3,63	1,73	0,50	0,17	242	110
Upi	04.09.2013	3,0	6,38	2	233	6		3,06	0,030	40,73	0,19	0,2	10,67	3,68	1,74	0,50	0,16	241	110

Akronym	Datum	Tiefe	pH	TP	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	T Fe	DRSi	Alkal.	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Chl.a	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	TOC	TN	Leitf.
		m		µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µg L ⁻¹	mg L ⁻¹	meq L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	µg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	mg L ⁻¹	µg L ⁻¹	µS cm ⁻¹ 20°C
Upi	04.09.2013	5,0	6,37	2	220	5		3,05	0,047	40,87	0,20	0,0	10,66	3,70	1,83	0,56	0,07	243	110
Upi	04.09.2013	7,0	6,39	2	192	4		3,02	0,027	35,68	0,16		9,96	3,45	1,62	0,50	0,06	238	110
Upi	04.09.2013	9,5	6,40	3	219	11		3,06	0,033	41,15	0,20		10,71	3,72	1,71	0,55	0,14	249	111
Upi	02.08.2013	0,1	6,53	4	255	13	47	2,92	0,044	40,63	0,18		10,74	3,69	1,71	0,56	0,55	327	105
Upi	14.08.2005	0,1	6,42	6	262	14	20	2,81	0,022	28,41	0,27		10,80	3,23	1,66	0,47	0,32	380	88
Upi	25.09.1992	0,1	6,40	7	305				0,025	8,12	0,05		2,04	0,47	0,65	0,34			24
Upi	01.08.1990	1,0	6,42	2	337	18		2,72	0,037	5,80	0,19	0,0	2,04	0,47	0,65	0,34			20
Wad	02.10.2014	0,0	7,37	3	128	1		0,42	0,222	1,26	0,08		4,36	0,15	0,40	0,86			28
Wad	10.10.2007	1,0	7,41	5	160	9	8	0,94	0,200	1,53	0,07	12,6	4,30	0,18	0,45	0,80	1,11	246	26
Wad	11.11.1986	1,0	7,26	4	196	9		0,58	0,155	2,26	0,10		3,58	0,13	0,20	0,60			23
WaK	22.08.2013	10,0	6,31	2	169	21	20	1,60	0,026	64,29	0,12		18,72	5,52	0,84	0,69	0,24	194	166
WaK	22.08.2013	13,0	6,37	1	157	20	23	1,64	0,041	64,58	0,14		18,94	5,58	0,84	0,69	0,33	187	168
WaK	22.08.2013	0,5	6,32	1	183	14	24	1,63	0,034	65,65	0,14		18,82	5,59	0,86	0,71	0,34	197	166
WPI	14.09.2014	0,1	7,67	2	0	25	107	1,49	0,683	280,10	0,17		47,72	46,86	1,57	0,35	0,33	160	654
WPI	11.08.2013	0,1	7,75	2	176	34	28	1,20	0,587	196,25	0,31		39,63	38,62	1,64	0,54	0,24	184	510
WPI	11.09.2012	1,0	7,68		236	4		0,89	0,715	280,18	0,11	1,5	42,54	40,30	1,33	0,36	0,95	273	510
WPI	11.09.2012	3,6	7,68	2	214	7	119	0,90	0,702	290,75	0,14	1,1	43,41	40,99	1,37	0,38	0,61	243	510
WPI	11.09.2012	2,0	7,68		205	8		0,89	0,702	281,93	0,12	1,3	42,94	40,59	1,34	0,36	0,97	250	510
WPI	11.09.2012	3,0	7,68	3	199	4	124	0,91	0,703	270,57	0,12	1,5	42,22	39,85	1,32	0,36	0,73	250	510
WPI	01.07.2012	0,1	7,28	4	167	23			0,560	243,00	1,04		35,46	34,00	3,10	0,32	3,53	282	470
WPI	19.09.2006	0,1	7,62	17	171	49	95	0,40	0,599	108,44	0,47		24,06	19,90	1,22	0,50	0,88	521	279

Tab. A2: Liste der in den Nord- und Südtiroler Projektseen bestimmten Phytoplankton - Taxa.

HSS: Hungerschartensee; PLU: Wilder Pludersee; MAL: Großer Malersee; WKS: Wannenkarsee; UPIA: Upia See.

Abt: Abteilung; BAC: Bacillariophyceae; CHC: Chlorococcales; CHD: Desmidiaceae; CHV: Volvocales; CHR: Chrysophyceae; CRY: Cryptophyta; CYA: Cyanobakterien; DIN: Dinophyta; EUG: Euglenophyta; HAP: Haptophyta; A.Kl.: Einstufung der relativen Abundanz der Arten nach Gesierich & Rott (2012): e = eudominant (>50% des Gesamtbiovolumens), d = dominant (50-20.1%), h = häufig (20-5.1%), g = gelegentlich (5-1%), s = selten (<1%); abgest.: abgestorben (nur leere Zellwand gefunden); herzf. = herzförmig; D = Durchmesser.

				HSS	PLU	MAL	WKS	UPIA
N.	Taxon	Abt.	Anmerk.	A.Kl.	A.Kl.	A.Kl.	A.Kl.	A.Kl.
1	<i>Achnanthes minutissimum</i> (Kütz.) Czarnecki	BAC		s	s	s		
2	<i>Aulacoseira alpigena</i> Grunow in Van Heurck	BAC		s				
3	<i>Aulacoseira distans</i> var. <i>nivalis</i> (Ehr.) Simonsen	BAC		g	s			s
4	<i>Choricystis</i> sp. (Skuja) Fott	BAC				s		
5	<i>Cyclotella comensis</i> Grunow	BAC	< 9 µm		d	g		
6	<i>Cyclotella comensis</i> Grunow/Bachmann	BAC	9.1-15 mm		h	g		
7	<i>Cyclotella</i> sp. (Kützing) Brébisson	BAC	> 15 mm		g			
8	Cymbelloid Taxon	BAC	45 mm	s	s			
9	<i>Diatoma mesodon</i> Kützing	BAC					g	
10	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kützing	BAC	abgest.			s		
11	<i>Fragilaria</i> sp. Lyngbie	BAC	70 mm	s	s			
12	Unbestimmte Pennate sp. (<i>Surirella</i> ?)	BAC		s	s			
13	<i>Pinnularia</i> cf. <i>pseudogibba</i> (Nitzsch) Ehrenberg	BAC		g				
14	<i>Staurosira mutabilis</i> (Ehr.) Will & Round	BAC		s	s	s		
15	<i>Oocystis parva</i> W. & G.S. West	CHC	einzelzellig	s	g	g		s
16	<i>Pediastrum boryanum</i> (Turp.) Meneghini	CHC				s		
17	<i>Planktosphaeria gelatinosa</i> G.M. Smith	CHC	10 mm			h		
18	<i>Planktosphaeria gelatinosa</i> G.M. Smith	CHC	15 mm			s		
19	<i>Planktosphaeria gelatinosa</i> G.M. Smith	CHC	3-5 mm			g		
20	<i>Planktosphaeria gelatinosa</i> G.M. Smith	CHC	Zyste				g	
21	<i>Scenedesmus armatus</i> (R. Chodat) R. Chodat	CHC				s		
22	<i>Tetrachlorella incerta</i> Hindák	CHC		s		s		
23	<i>Cosmarium margaritifera</i> (Ralfs) Meneghini	CHD				s		
24	<i>Cosmarium</i> sp. Corda & Ralfs	CHD	20x15 mm			s		
25	<i>Xanthidium alpinum</i> Schmidle	CHD		s				
26	<i>Chromulina</i> sp. Skuja	CHR	6 mm	s	s	s	h	g
27	<i>Chrysococcus rufescens</i> Klebs	CHR	7 mm		s	h		s
28	Coccale Grüne	CHR			s			
29	<i>Dinobryon cylindricum</i> v. <i>alpina</i> (Imh.) Bachmann	CHR	abgest.					
30	<i>Dinobryon cylindricum</i> v. <i>alpina</i> (Imh.) Bachmann	CHR	Zyste			s	g	
31	Flagellate 1	CHR	10 µm		s		h	
32	Flagellate 3	CHR	5 mm		s		g	g
33	Flagellate 4	CHR	herzf.		s	s	h	
34	Flagellate 5	CHR	herzf. groß				g	s
35	Flagellate 6	CHR	oval	s	s	s		
36	Flagellate 7 (<i>Uroglena</i> sp.)	CHR	7 mm	g	h	g		h

				HSS	PLU	MAL	WKS	UPIA
N.	Taxon	Abt.	Anmerk.	A.Kl.	A.Kl.	A.Kl.	A.Kl.	A.Kl.
37	Flagellate	CHR	hexagonal			s		
38	<i>Kephyrion</i> sp. Pascher	CHR			s	g		
39	<i>Mallomonas</i> sp. 1 Perty	CHR		g				d
40	<i>Mallomonas</i> sp. 2 Perty	CHR	groß					h
41	Mikroflagellate	CHR	2 - 3 µm	g	g	g	d	h
42	<i>Ochroomonas</i> sp. Vysotskii	CHR	groß		g	h		s
43	<i>Pseudokephyrion entzii</i> Conrad	CHR			s			
44	<i>Uroglena</i> sp. Ehrenberg	CHR						
45	<i>Chlamydomonas globosa</i> Ehrenberg	CHV				h		s
46	<i>Chlamydomonas</i> sp. 1 Ehrenberg	CHV	gelb-grün		s			s
47	<i>Chlamydomonas</i> sp. 2 Ehrenberg	CHV	lang	s				
48	<i>Chlamydomonas</i> sp. 3 Ehrenberg	CHV	sehr klein			s		s
49	<i>Sphaerellopsis</i> sp. Korshikov	CHV	20 µm		h	s		
50	<i>Cryptomonas reflexa</i> Skuja (Marsson)	CRY					h	
51	<i>Katablepharis ovalis</i> Skuja	CRY		s	s			
52	<i>Plagioselmin nannoplanctica</i> (Sku.) Novarino & al.	CRY			s	s	s	g
53	<i>Cyanodiction</i> cf. <i>planctonicum</i> Meyer	CYA				d		
54	<i>Gloeocapsa</i> sp. Kützing							
55	<i>Rhabdoderma smithii</i> R & F. Chodat	CYA		s	s			s
56	<i>Oscillatoria</i> sp. Vaucher (ex Gomont)	CYA	5 mm D.				h	h
57	<i>Ceratium hirundinella</i> (Müller) Dujardin	DIN	abgest.			s		
58	Gymnodinioid Taxon	DIN	10x8 mm	g	s			
59	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>impatiens</i> Skuja	DIN	spitzig		s			
60	<i>Gymnodinium</i> cf. <i>lantzschii</i> Utermöhl	DIN		s	g	s	s	
61	<i>Peridiniopsis</i> cf. <i>sphaeroideum</i> Christen	DIN		g				
62	<i>Peridiniopsis</i> sp. <i>cysts</i> Christen	DIN	stachelig		s			
63	<i>Peridinium inconspicuum</i> Stein	DIN		e				
64	<i>Phacus</i> sp. Dujardin	EUG					g	
65	<i>Chrysochromulina parva</i> Cyenkowski	HAP		s	h		g	
Artenanzahl				24	32	27	14	17
Shannon - Index				1,15	2,83	2,99	2,96	2,70
Shannon - Index St. Dev.				0,22	0,20	0,19	0,13	0,16
Evenness - Index				0,25	0,57	0,61	0,78	0,76

Tab. A3: Liste der in den Nord- und Südtiroler Projektseen bestimmten aktuellen Diatomeen - Taxa.

Abkürzungen der Seen wie in Abb.7 und Abb.8, Einstufung der relativen Abundanz der Arten wie in Tab. A2. Fundstellen = Anzahl der Stellen wo jede Diatomeenart wurde, Max. Rel. Ab. = höchste relative Abundanz jeder Art in allen untersuchten Proben, Mitt. Rel. Ab. = durchschnittliche relative Abundanz jeder Art in allen untersuchten Proben. Trophischer Index nach Hofmann (1994).

Nr.	Taxon	HSS	HSS Detritus	U-HSS	U-HSS Detritus	MAL-Lacke	WKS	UPIA	UPIA-Detritus	UPIA Lacke	S-PLU	MAL	LANG	W-PLU	Fundstellen (N.)	Max. Rel. Ab. (%)	Mitt. Rel. Ab. (%)
1	<i>Achnanthes alteragracilima/neomicrocephala</i> Lange-Bertalot			s						s	s		s		4	0,9	0,1
2	<i>Achnanthes levanderi</i> Hustedt						g					s	g		3	4,5	0,3
3	<i>Achnantheidium affine</i> (Grunow) Czarnecki												s		1	0,3	0,0
4	<i>Achnantheidium caledonicum</i> (ex <i>A. minutissima</i> v. <i>scotica</i>) (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot													s	1	0,6	0,0
5	<i>Achnantheidium minutissimum</i> v. <i>jackii</i> (Rabenh.) Lange-Bertalot & Ruppel					s		g	s	s	g	g	s	s	8	2,4	0,4
6	<i>Achnantheidium minutissimum</i> v. <i>minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	g	s	g		g		h	d	h	d	h	d	d	11	49,1	13,3
7	<i>Achnantheidium straubianum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot										s	g			2	2,1	0,1
8	<i>Achnantheidium subatomoides</i> (Hustedt) Monnier, Lange-Bertalot & Ector			s			g	g	h	g			g	s	7	19,6	2,8
9	<i>Adlafia minuscula</i> (ex <i>N. minuscula</i>) (Grunow) Lange-Bertalot						s		g						2	1,6	0,1
10	<i>Amphora inariensis</i> Krammer										s				1	0,4	0,0
11	<i>Aulacoseira alpigena</i> (Grunow) Krammer			h	s	g	s						s		5	5,2	0,3
12	<i>Aulacoseira cf. pfaffiana</i> (Reinsch) Krammer	s		g	g										3	4,7	0,3
13	<i>Aulacoseira distans</i> v. <i>nivalis</i> (W.M. Smith) Haworth	g	s	g	g	s	s								6	3,0	0,2
14	<i>Brachisyr a brebissonii</i> Ross in Hartley	g		g		h									3	5,8	0,3
15	<i>Brachisyr a garrensis</i> (Lange-B. & Krammer) Lange-Bertalot										s	s		s	3	1,0	0,1
16	<i>Brachisyr a neoexilis</i> Lange-Bertalot					s	s				g	g	g	g	6	2,8	0,5
17	<i>Caloneis alpestris</i> (Grunow) Cleve									s					1	0,4	0,0
18	<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve	s													1	0,2	0,0
19	<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve				s										1	0,7	0,0
20	<i>Caloneis tenuis</i> (Gregory) Krammer			s				s			s		s		4	0,2	0,0
21	<i>Caloneis vasileyevae</i> Lange-Bertalot, Genkal & Vekhov			s						s					2	1,2	0,0
22	<i>Cavinula lapidosa</i> (Krasske) Lange-Bertalot							s							1	0,2	0,0
23	<i>Cavinula pseudoscutiformis</i> (Hustedt) Mann & Stickle											s			1	0,2	0,0
24	<i>Chamaepinnularia mediocris</i> (Krasske) Lange-Bertalot	g	g	g		g									4	1,9	0,2
25	<i>Chamaepinnularia schauppiana</i> Lange-Bertalot & Metzeltin				h					g					2	7,1	0,4
26	<i>Cocconeis placentula</i> v. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow													s	1	0,2	0,0
27	<i>Craticula submolesta</i> (Hustedt) Lange-Bertalot			s		s	s	s						s	5	0,6	0,0
28	<i>Cyclotella comensis</i> Grunow in Van Heurck										g			h	5	20,0	0,9
29	<i>Cymbella laevis</i> Naegeli in Kützing												s	s	2	1,0	0,0
30	<i>Cymbella parva</i> (klein) (W. M. Smith) Kirchner in Cohn										g	d	g	h	4	34,3	2,8
31	<i>Cymbella parva</i> (W. M. Smith) Kirchner in Cohn											g		s	2	4,8	0,3
32	<i>Delicata delicatula</i> (Kützing) Krammer										g		s	h	3	6,6	0,4
33	<i>Denticula tenuis</i> Kützing					s					g	h	h	h	5	8,7	1,5
34	<i>Diadesmis contenta</i> (Grunow ex V. Heurck) Mann		s							s					2	4,0	0,1
35	<i>Diadesmis gallica</i> W. M. Smith							s							1	0,7	0,0
36	<i>Diadesmis perpusilla</i> (Grunow) D.G. Mann in Round & al.							g	s	g					3	4,5	0,5
37	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing							d		h			s		3	79,6	5,5

Nr.	Taxon	HSS	HSS Detritus	U-HSS	U-HSS Detritus	MAL-Lacke	WKS	UPIA	UPIA-Detritus	UPIA Lacke	S-PLU	MAL	LANG	W-PLU	Fundstellen (N.)	Max. Rel. Ab. (%)	Mitt. Rel. Ab. (%)
38	<i>Diploneis petersenii</i> Hustedt								g						1	2,7	0,1
39	<i>Encyonema gaeumannii</i> (Meister) Krammer											s			1	0,2	0,0
40	<i>Encyonema hebridicum</i> Grunow ex Cleve			s	g	s		s							4	1,4	0,1
41	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabenhorst) D.G. Mann	s					s	g	g	g	g	g	g	s	9	16,4	1,7
42	<i>Encyonema neogracile</i> Krammer									s					1	0,4	0,0
43	<i>Encyonema reichardtii</i> (Krammer) D.G. Mann												s	g	2	1,8	0,1
44	<i>Encyonema silesiaca</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann							g	s		s	s			4	2,0	0,3
45	<i>Encyonema ventricosum</i> (Agardh) Grunow											s			1	1,5	0,1
46	<i>Encyonopsis cesatii</i> (Rabenhorst) Krammer									g					1	1,4	0,0
47	<i>Encyonopsis krammeri</i> Reichardt									h		g	h		3	19,7	1,3
48	<i>Encyonopsis microcephala</i> (Grunow) Krammer					g						s	s	s	4	4,1	0,0
49	<i>Eucocconeis laevis</i> (Østrup) Lange-Bertalot											s	s		2	0,8	0,0
50	<i>Eunotia bigibba</i> (ex <i>E. praeurupta</i> v. <i>bigibba</i>) Kützing sensu Grunow			s						s					2	1,0	0,0
51	<i>Eunotia cisapina</i> (E. <i>islandica</i> Sippe) Østrup	s	s										s		3	1,2	0,1
52	<i>Eunotia curtagrunowii</i> Norpel-Schempp & Lange-Bertalot									s					1	0,4	0,0
53	<i>Eunotia exigua</i> (Brebisson ex Kützing) Rabenhorst	s	h	h	h	h			s						6	19,0	2,6
54	<i>Eunotia fallacoides</i> Lange-Bertalot & Cantonati					s						s			2	0,6	0,0
55	<i>Eunotia groenlandica</i> (Grunow) Norpel-Schempp & Lange-Bertalot		h	s	s										3	13,3	1,0
56	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck											s			1	0,2	0,0
57	<i>Eunotia neofallax</i> Nörpel							s							1	0,4	0,0
58	<i>Eunotia nymanniana</i> Grunow in Van Heurck	s		s	g	s				s					8	5,2	0,5
59	<i>Eunotia palatina</i> (E. <i>arctica</i> /symplex) Lange-Bertalot & Krüger	g	g	s									s		4	12,0	0,7
60	<i>Eunotia paludosa</i> Grunow in Van Heurck	s	g	s		s			s						5	2,3	0,2
61	<i>Eunotia</i> sp. Ehrenberg			s											1	5,6	0,1
62	<i>Eunotia tenella</i> (Grunow) Hustedt							s							1	2,9	0,1
63	<i>Fragilaria exigua</i> Grunow										s				1	0,4	0,0
64	<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup												s		1	0,2	0,0
65	<i>Fragilaria tenera</i> (W. M. Smith) Lange-Bertalot										s		s		2	0,6	0,0
66	<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) Petersen										s				1	0,2	0,0
67	<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs							s		s					2	27,4	1,5
68	<i>Frustulia crassinervia</i> (Brebisson) Lange-Bertalot & Krammer			s	g	s	s		s						5	1,4	0,1
69	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst										s				1	0,6	0,0
70	<i>Gomphonema micropus</i> Kützing (<i>productum</i>) (Grunow) Lange-Bertalot & Reichardt							s		g					2	1,1	0,0
71	<i>Gomphonema occultum</i> Reichardt & Lange-Bertalot													s	1	0,2	0,0
72	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing							g	g	s					3	2,5	0,4
73	<i>Gomphonema pumilum</i> v. <i>minusculum</i> Krasske / <i>elegans</i> Reichardt & Lange-Bertalot										s	g	g	s	4	3,1	0,3
74	<i>Gomphonema lateripunctatum</i> Reichardt & Lange-Bertalot											s	s	s	3	1,0	0,0
75	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow in Cleve & Grunow 1880			s											1	0,2	0,0
76	<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann									s					1	0,9	0,0
77	<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh						s	s							2	32,1	1,1
78	<i>Microcostatus krasskei</i> (Hustedt) Johansen & Sray	s	g												2	3,6	0,2
79	<i>Navicula</i> cf. <i>arctotenelloides</i> Lange-Bertalot & Metzeltin											s	s		2	0,5	0,0
80	<i>Navicula</i> cf. <i>cryptotenella</i> Lange-Bertalot										s		s	s	3	0,7	0,0

Nr.	Taxon	HSS	HSS Detritus	U-HSS	U-HSS Detritus	MAL-Lacke	WKS	UPIA	UPIA-Detritus	UPIA Lacke	S-PLU	MAL	LANG	W-PLU	Fundstellen (N.)	Max. Rel. Ab. (%)	Mitt. Rel. Ab. (%)
81	<i>Navicula difficillima</i> Hustedt											s			1	0,2	0,0
82	<i>Navicula</i> sp. Bory											s			1	0,4	0,0
83	<i>Naviculadicta detenta</i> Hustedt							s							1	0,2	0,0
84	<i>Naviculadicta digitulus</i> (Hustedt) Lange-Bertalot											s			1	0,2	0,0
85	<i>Naviculadicta obdurata</i> (Hohn & Hellerman) Lange-Bertalot & Metzeltin								g			s			2	2,5	0,2
86	<i>Naviculadicta schmassmannii</i> Hustedt											s	g		2	1,0	0,0
87	<i>Naviculadicta suchlandtii</i> Hustedt							s		s					2	0,8	0,0
88	<i>Neidium affine</i> v. <i>longiceps</i> (Gregory) Cleve							s		s					2	0,7	0,0
89	<i>Neidium alpinum</i> Hustedt					s			s						2	0,4	0,0
90	<i>Neidium bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve									s					1	0,4	0,0
91	<i>Nitzschia acidoclinata</i> Lange-Bertalot							g							1	1,6	0,1
92	<i>Nitzschia alpina</i> Hustedt								s		s	g	g	s	5	1,7	0,3
93	<i>Nitzschia angustata</i> Grunow												s		1	0,2	0,0
94	<i>Nitzschia bacillum</i> Hustedt										g		s		2	2,4	0,2
95	<i>Nitzschia bacillum</i> Hustedt (klein) / <i>dealpina</i> Lange-Bertalot & Hofmann										g		s		2	1,2	0,1
96	<i>Nitzschia</i> cf. <i>bryophila</i> Hustedt			s											1	0,2	0,0
97	<i>Nitzschia</i> cf. <i>hantzschiana</i> Rabenhorst													s	1	4,4	0,1
98	<i>Nitzschia</i> cf. <i>linearis</i> (Agardh) W.M. Smith / <i>pura</i> Hustedt										s			s	2	0,2	0,0
99	<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch									s					1	0,2	0,0
100	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) Peragallo			s	g		s		g	s	g	s	g		8	3,0	0,5
101	<i>Nitzschia</i> sp. (sehr klein) Hassall							s	s						2	0,4	0,0
102	<i>Nupela imperfecta</i> (Schimanski) Lange-Bertalot			s											1	0,2	0,0
103	<i>Orthoseira dendroteres</i> v (Ehrenberg) Crawford				g										1	1,4	0,0
104	<i>Pinnularia balfouriana</i> Grunow ex Cleve										s		s		2	0,6	0,0
105	<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg			s	s	s		s		g					5	1,1	0,1
106	<i>Pinnularia lappoinca</i> Hustedt	s		g	s					s					4	1,5	0,1
107	<i>Pinnularia mesolepta</i> sensu lato (Ehrenberg)W.M. Smith		g												1	1,2	0,0
108	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve		g	g	g										3	2,9	0,2
109	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve v. <i>nonfasciata</i> Krammer	s	s	s		g	g								5	4,3	0,2
110	<i>Pinnularia obscura</i> Krasske			s				s	s						3	3,6	0,1
111	<i>Pinnularia pseudogibba</i> Krammer	s	g	g	s					s					5	2,9	0,2
112	<i>Pinnularia silvatica</i> Petersen							s		s					2	0,4	0,0
113	<i>Pinnularia sinistra</i> Krammer	s	g	g	g		s			g					6	3,1	0,4
114	<i>Pinnularia</i> sp. Ehrenberg		g												1	3,7	0,1
115	<i>Planothidium distinctum</i> (Messikommer) Lange-Bertalot							s		s					2	0,7	0,0
116	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot							g							1	3,1	0,2
117	<i>Planothidium lanceolatum</i> v. <i>lanceolatum</i> (Brebisson ex Kützing) Lange-Bertalot							g	g	g					3	56,2	2,1
118	<i>Psammothidium acidoclinatum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	d	a	d	d	a	a	s	s	s					9	32,7	5,4
119	<i>Psammothidium bioretii</i> (Germain) Bukhtiyarova & Round								s						1	0,4	0,0
120	<i>Psammothidium bristolicum</i> (ex <i>A. margin.</i> 2-3 JÖLLK) Bukhtiyarova	g				g	g			s					4	3,2	0,2
121	<i>Psammothidium chlidanos</i> (Hohn & Hellerman) Lange-Bertalot		s			s			s						3	0,6	0,0
122	<i>Psammothidium curtissimum</i> (Carter) Aboal					s	a	s	s	g					5	17,2	0,7
123	<i>Psammothidium daonense</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	g	g	a	g	g	g	s	a	a			s		10	15,6	2,5
124	<i>Psammothidium helveticum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round	g	a	g	g	a	g	g	a	a	s		s		11	38,2	6,1

Nr.	Taxon	HSS	HSS Detritus	U-HSS	U-HSS Detritus	MAL-Lacke	WKS	UPIA	UPIA-Detritus	UPIA Lacke	S-PLU	MAL	LANG	W-PLU	Fundstellen (N.)	Max. Rel. Ab. (%)	Mitt. Rel. Ab. (%)
125	<i>Psammothidium helveticum</i> (Hustedt) v. <i>minor</i> (Flower & Jones) Bukhtiyarova & Round	s	g	g	g	g	s	a	a	g			g		10	15,1	3,6
126	<i>Psammothidium kryophylum</i> (Petersen) Reichardt	s					g								2	32,1	1,1
127	<i>Psammothidium marginulatum</i> groß (Grunow) Bukhtiyarova & Round									g					1	2,3	0,1
128	<i>Psammothidium marginulatum</i> sensu stricto (Grunow) Bukhtiyarova & Round	d	d	d	a	d	a	a	g	d		s			10	42,4	14,2
129	<i>Psammothidium sacculum</i> (Grunow) Bukhtiyarova & Round			s			a						s		3	10,7	0,4
130	<i>Psammothidium scoticum</i> (Flower & Jones) Bukhtiyarova & Round	a	g			a	a	g	g	a					7	19,3	3,3
131	<i>Pseudostaurosira parasitica</i> (W. M. Smith) Morales											s			1	0,2	0,0
132	<i>Pseudostaurosira microstriata</i> (Marciniak) Flower						a								1	7,3	0,2
133	<i>Rosithidium petersenii</i> (Hustedt) Round & Bukhtiyarova						s	g		s					3	8,0	0,3
134	<i>Rosithidium pusillum</i> (Grunow) Round & Bukhtiyarova						s						s		2	0,9	0,0
135	<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg				s					s					2	0,7	0,0
136	<i>Staurosira</i> cf. <i>brevistriata</i> (JÖLLK) (Grunow) Grunow									g	g		s		3	4,3	0,3
137	<i>Staurosira</i> cf. <i>contruens</i> (Ehrenberg) Grunow									s			s		2	1,0	0,0
138	<i>Staurosira lapponica</i> (Grunow) Lange-Bertalot			s											1	0,2	0,0
139	<i>Staurosira mutabilis</i> (ex <i>Fragilaria pinnata</i>) (W.M. Smith) Grunow					s		s		a	a	g	a		6	16,7	2,1
140	<i>Staurosira oldenburgiana</i> (Hustedt) Lange-Bertalot									s					1	0,2	0,0
141	<i>Staurosira pseudoconstruens</i> (Marciniak) Lange-Bertalot									a	s	g	a		4	8,7	1,0
142	<i>Staurosira robusta</i> (Fusey) Lange-Bertalot / <i>S. construens</i> v. <i>binodis</i> Ehrenberg										s	s			2	0,8	0,0
143	<i>Staurosira venter</i> (ex <i>F. construens</i> v. <i>venter</i>) (Ehrenberg) Cleve & Moeller	s		s			a	a	g	s	a	a	g		9	7,8	1,9
144	<i>Stenopterobia delicatissima</i> (Lewis) Brebisson ex Van Heurck	s		s		s									3	0,6	0,0
145	<i>Stephanodiscus</i> cf. <i>minutulus</i> (Kützing) Cleve & Moller	s			s										2	1,2	0,0
146	<i>Surirella angusta</i> Kützing						s								1	0,6	0,0
147	<i>Surirella linearis</i> W.M. Smith			s											1	0,4	0,0
148	<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing											s			1	0,4	0,0
149	Unbestimmte Pennales		s							s	s				3	3,3	0,2
	Artenanzahl	28	24	41	24	30	28	39	29	44	36	36	43	29			
	Shannon - Index	2,9	3,6	4,0	3,7	3,6	3,9	3,9	3,3	4,0	3,6	3,6	3,3	3,4			
	Trophischer Index	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,6	2,0	2,5	2,1	2,3			

Tab. A4: Artenliste der in den untersuchten Seen gefundenen Fauna. Die Kopfzeile enthält die Akronyme der untersuchten Seen.

	WPI	SUI	LUI	OHu	LUp	ONa	UNa	Fis	GMa	Fin	Hun	Ras	Upi	WaK	Klm	HAL	GPf	Sko	TiS	Kra	PoS	Wad	Alp	Mil	MEg	Lim	Gru	See	Kls	Sen	LMA	Laz
PLATYHELMINTHES (Stamm)																																
<i>Turbellaria</i> gen.sp.																			+									+				
ROTIFERA																																
EUROTATORIA (Klasse)																																
Collothecidae (Familie)																																
<i>Collotheca</i> sp.																		+			+			+			+					
Conochilidae																																
<i>Conochilus</i> sp.																	+															+
Brachionidae																																
<i>Keratella</i> gr. <i>quadrata</i>							+		+			+			+	+		+	+	+			+	+		+						
<i>Keratella</i> <i>cochlearis</i>	+	+	+			+	+					+	+			+													+			
<i>Notholca</i> <i>squamula</i>		+	+															+		+				+			+					
Euchlanidae																																
<i>Euchlanis</i> sp.																													+			
Gastropodidae																																
<i>Ascomorpha</i> <i>ecaudis</i>																								+								+
Lecanidae																																
<i>Lecane</i> sp.	+		+			+	+			+	+			+			+												+			+
Lepadellidae																																
<i>Colurella</i> sp.																											+					
<i>Lepadella</i> sp.		+				+	+						+		+	+					+											
Synchaetidae																																
<i>Polyarthra</i> gr. <i>vulgaris-dolichoptera</i>	+		+			+	+		+			+					+	+	+	+	+		+	+		+	+					+
<i>Synchaeta</i> sp.																	+		+					+								
Trichocercidae																																
<i>Trichocerca</i> <i>similis</i>																					+											
<i>Trichocerca</i> sp.																																+
Trichotriidae																																
<i>Trichotria</i> sp.																													+			
Rotatoria gen.sp.		+	+			+	+		+		+	+				+										+			+			+
MOLLUSCA																																
BIVALVIA																																
Sphaeriidae																																
<i>Casertiana</i> (C.) sp.																			+													
<i>Pisidium</i> sp.	+					+			+	+						+	+							+					+			
GASTROPODA																																
Lymnaeidae																																
<i>Radix</i> <i>balthica</i>																	+															
ANNELIDA																																
HIRUDINEA																																
Glossiphoniidae																																
<i>Helobdella</i> <i>stagnalis</i>																	+													+		

	WPI	SUI	LUI	OHu	LUp	ONa	UNa	Fis	GMa	Fin	Hun	Ras	Upi	WaK	Klm	HAJ	GPf	Sko	TiS	Kra	PoS	Wad	Alp	Mil	MEg	Lim	Gru	See	Kls	Sen	LMA	Laz
OLIGOCHAETA																																
Lumbriculidae																																
<i>Lumbriculus variegatus</i>				+		+			+																+					+		
<i>Stylodrilus heringianus</i>	+	+		+		+	+		+		+	+						+	+	+		+	+		+					+		
Lumbriculidae gen.sp.								+														+										
Enchytraeidae																																
<i>Cernosvitoviella atrata</i>										+		+			+			+	+			+		+	+							+
<i>Cognettia</i> sp.		+		+	+	+	+		+		+	+	+	+	+	+				+	+	+			+	+				+		+
<i>Fridericia</i> sp.													+												+							
<i>Henlea</i> sp.																										+						
<i>Marionina riparia</i>																+																
Enchytraeidae gen.sp.															+																	
Naididae																																
<i>Nais barbata</i>																	+									+						
<i>Nais bretscheri</i>															+		+															
<i>Nais communis</i>										+							+		+						+							
<i>Nais pseudobtusa</i>																	+															
<i>Nais stolci</i>																									+							
<i>Nais variabilis</i>									+																+							
Tubificidae																																
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>																	+															
<i>Limnodrilus udekemianus</i>																	+														+	
<i>Potamothenix bedoti</i>																	+															
<i>Potamothenix hammoniensis</i>	+								+		+	+																		+	+	
<i>Potamothenix moldaviensis</i>																	+															
<i>Rhyacodrilus coccineus</i>																	+	+														
<i>Rhyacodrilus falciformis</i>																	+															
<i>Spirosperma ferox</i>																+									+							
<i>Tubifex ignotus</i>																	+															
<i>Tubifex tubifex</i>	+					+	+	+	+		+				+	+															+	
Tubificidae gen.sp.				+				+	+		+				+	+	+	+	+											+	+	
Oligochaeta gen.sp.	+										+	+					+												+			
ARTHROPODA																																
CHELICERATA																																
ARACHNIDA																																
Arrenuridae																																
<i>Arrenurus</i> sp.																	+															
Halacaridae																																
<i>Soldanellonyx monardi</i>																								+								
Hydrachnidae																																
Hydrachnidae gen.sp.		+				+	+			+	+	+		+		+	+			+				+	+	+	+	+	+	+	+	
Feltriidae																																
<i>Feltria</i> sp.																				+												
Lebertiidae																																
<i>Lebertia</i> sp.	+									+																				+		
Limnesiidae																																

	WPI	SUI	LUI	OHu	LUP	ONa	UNa	Fis	GMa	Fin	Hun	Ras	Upi	WaK	Klm	HAI	GPf	Sko	TIS	Kra	PoS	Wad	Alp	Mil	MEg	Lim	Gru	See	Kls	Sen	LMa	Laz
<i>Limnesia</i> sp.																	+															
Oxidae																																
<i>Frontipoda</i> sp.																												+				
ARTHROPODA - CRUSTACEA																																
BRANCHIOPODA																																
Bosminidae																																
<i>Bosmina</i> sp.																								+								
Daphniidae																																
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>																	+															
<i>Ceriodaphnia</i> sp.																								+								
<i>Daphnia longispina</i>						+										+	+															
<i>Daphnia pulicaria</i>									+																							
<i>Daphnia</i> cf. <i>rosea</i>																																+
Eurycercidae																																
<i>Alona affinis</i>						+				+					+	+	+	+	+	+			+		+	+	+	+			+	
<i>Alona quadrangularis</i>																			+				+									
<i>Alona</i> sp.																									+					+		
<i>Alonella excisa</i>																													+			
<i>Alonella</i> sp.				+																												
<i>Camptocercus rectirostris</i>																	+															
<i>Chydorus sphaericus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eurycercus lamellatus</i>																	+															
<i>Leydigia leydigi</i>									+																							
<i>Pleuroxus aduncus</i>																												+				
Eurycercidae gen.sp.									+							+																
MAXILLOPODA																																
Diaptomidae																																
<i>Acanthodiaptomus denticornis</i>																+																+
<i>Arctodiaptomus alpinus</i>	+	+			+								+																			
Diaptomidae gen.sp.																														+		
Cyclopidae																																
<i>Acanthocyclops</i> sp.				+		+	+	+			+					+	+										+				+	
<i>Cyclops abyssorum taticus</i>								+	+	+		+			+		+												+			
<i>Cyclops</i> sp.							+															+										
<i>Diacyclops bicuspidatus</i>																														+		
<i>Diacyclops</i> sp.		+			+							+					+															
<i>Eucyclops serrulatus</i>	+	+				+	+	+	+	+				+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Macrocyclus albidus</i>																	+															
<i>Paracyclops fimbriatus</i>	+							+		+							+															
Cyclopidae gen.sp.																													+			
Harpacticoida gen.sp.				+	+	+	+	+	+	+	+				+	+	+		+		+	+	+	+	+		+	+			+	
OSTRACODA																																
Candonidae																																
<i>Candona candida</i>	+	+			+	+		+	+			+					+					+			+			+				
<i>Cyclocypris ovum</i>																+	+															

	WPI	SUI	LUI	OHu	LUp	ONa	UNa	Fis	GMa	Fin	Hun	Ras	Upi	WaK	Klm	HAi	GPf	Sko	TiS	Kra	PoS	Wad	Alp	Mil	MEg	Lim	Gru	See	Kls	Sen	LMa	Laz
<i>Cypria ophthtalmica</i>		+					+	+	+	+				+			+	+	+	+	+			+	+			+	+			
Cyprididae																																
<i>Cypris pubera</i>																									+							
Cytherideidae																																
<i>Cytherissa lacustris</i>	+																															
Ostracoda gen.sp.														+			+	+												+		
ARTHROPODA - HEXAPODA																																
INSECTA																																
COLEOPTERA																																
Dytiscidae																																
<i>Agabus</i> sp.						+					+		+																		+	
Hydroporinae gen.sp.						+			+			+																				
DIPTERA																																
Ceratopogonidae gen.sp.										+						+	+													+		
Chironomidae																																
Chironominae (Unterfamilie)																																
<i>Chironomus anthracinus</i>																														+		
<i>Chironomus</i> (<i>Chironomus</i>) <i>bernensis</i>																	+															
<i>Chironomus</i> sp.																+																
<i>Cladotanytarsus</i> sp.																	+															
<i>Dicrotendipes notatus</i>																	+															
<i>Micropsectra radialis</i>									+		+	+																				
<i>Micropsectra</i> sp.	+			+													+								+							
<i>Paratanytarsus austriacus</i>	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+					+	+					+							+		+	
<i>Paratanytarsus</i> sp.														+				+		+	+					+	+					
<i>Phaenopsectra</i> sp.	+																															
<i>Stictochironomus</i> sp.	+																															
<i>Tanytarsus lugens</i> gr.	+								+								+															
<i>Tanytarsus</i> sp.						+	+										+										+		+			
Chironomini gen.sp.																	+															
Diamesinae																																
<i>Diamesa</i> sp.													+																			
<i>Protanytus</i> sp.																														+		
<i>Pseudodiamesa branickii</i>					+					+		+	+	+														+		+		
<i>Pseudodiamesa nivosa</i>		+													+										+		+					
Orthoclaadiinae																																
<i>Corynoneura arctica</i>									+	+	+	+						+	+	+	+	+	+	+	+	+					+	
<i>Corynoneura</i> sp.	+			+		+								+			+															
<i>Cricotopus laricomalis</i>																							+									
<i>Cricotopus</i> sp.																+														+		
<i>Cricotopus</i> (<i>Isocladius</i>) sp.																				+												
<i>Eukiefferiella gracei</i> gr.		+																														
<i>Eukiefferiella minor</i>																			+													
<i>Heterotrissocladius marcidus</i>	+			+				+	+	+	+	+	+	+			+		+	+	+		+	+					+			

	WPI	SUI	LUI	OHu	LUP	ONa	UNa	Fis	GMA	Fin	Hun	Ras	Upi	WaK	Klm	HAI	GPf	Sko	TIS	Kra	PoS	Wad	Alp	Mil	MEg	Lim	Gru	See	Kls	Sen	LMA	Laz
<i>Limnophyes</i> sp.																								+								
<i>Metriocnemus</i> sp.																	+															
Orthocladiinae gen.sp.	+	+			+		+		+			+	+	+		+	+					+								+	+	
<i>Parakiefferiella coronata</i>																											+					
<i>Parakiefferiella triquetra</i>		+																	+													
<i>Parorthocladius nudipennis</i>															+																	
<i>Psectrocladius limbatellus</i> gr.																					+											
<i>Psectrocladius</i> sp.		+				+											+									+						
<i>Rheocricotopus effusus</i>																			+													
<i>Stilocladius montanus</i>																											+					
Prodiamesinae																																
<i>Prodiamesa olivacea</i>	+														+		+													+		
Tanypodinae																																
<i>Macropelopia</i> sp.	+						+													+												
Macropelopiini gen.sp.																	+															
<i>Paramerina</i> sp.										+																						
Pentaneurini gen.sp.										+						+		+			+		+	+								
<i>Procladius</i> sp.	+					+			+		+					+	+														+	
<i>Procladius (Psilotanytus)</i> sp.									+							+																
<i>Zavrelimyia</i> sp.	+	+		+				+	+		+						+	+		+	+		+	+						+		
Tanypodinae gen.sp.										+																						
Chironomidae gen.sp.																												+				
Pediciidae																																
<i>Dicranota</i> sp.	+	+		+			+	+		+		+		+			+	+				+			+	+				+		
Pediciidae gen.sp.					+	+																										
Stratiomyidae																																
Stratiomyidae gen.sp.																												+				
EPHEMEROPTERA																																
Baetidae																																
<i>Baetis alpinus</i>																								+								
<i>Baetis</i> sp.																											+					
HEMIPTERA																																
Corixidae gen.sp.																														+		
Veliidae																																
<i>Velia caprai</i>																												+				
MEGALOPTERA																																
Sialidae																																
<i>Sialis lutaria</i>									+							+													+			
PLECOPTERA																																
Nemouridae																																
<i>Nemurella pictetii</i>																			+					+					+			
Perlodidae																																
<i>Perlodes</i> sp.																											+					
Plecoptera gen.sp.																														+		

	WPI	SUI	LUI	OHu	LUp	ONa	UNa	Fis	GMa	Fin	Hun	Ras	Upi	WaK	Klm	HAi	GPf	Sko	TiS	Kra	PoS	Wad	Alp	Mil	MEg	Lim	Gru	See	Kls	Sen	LMa	Laz
TRICHOPTERA																																
Limnephilidae																																
<i>Drusus biguttatus</i>																									+							
Limnephilinae gen.sp.																	+													+		
Polycentropodidae																																
<i>Plectrocnemia</i> sp.																					+											
Psychomyiidae																																
<i>Tinodes</i> sp.																												+				
Sericostomatidae																																
Sericostomatidae gen.sp.																													+			
Trichoptera gen.sp.																	+													+		